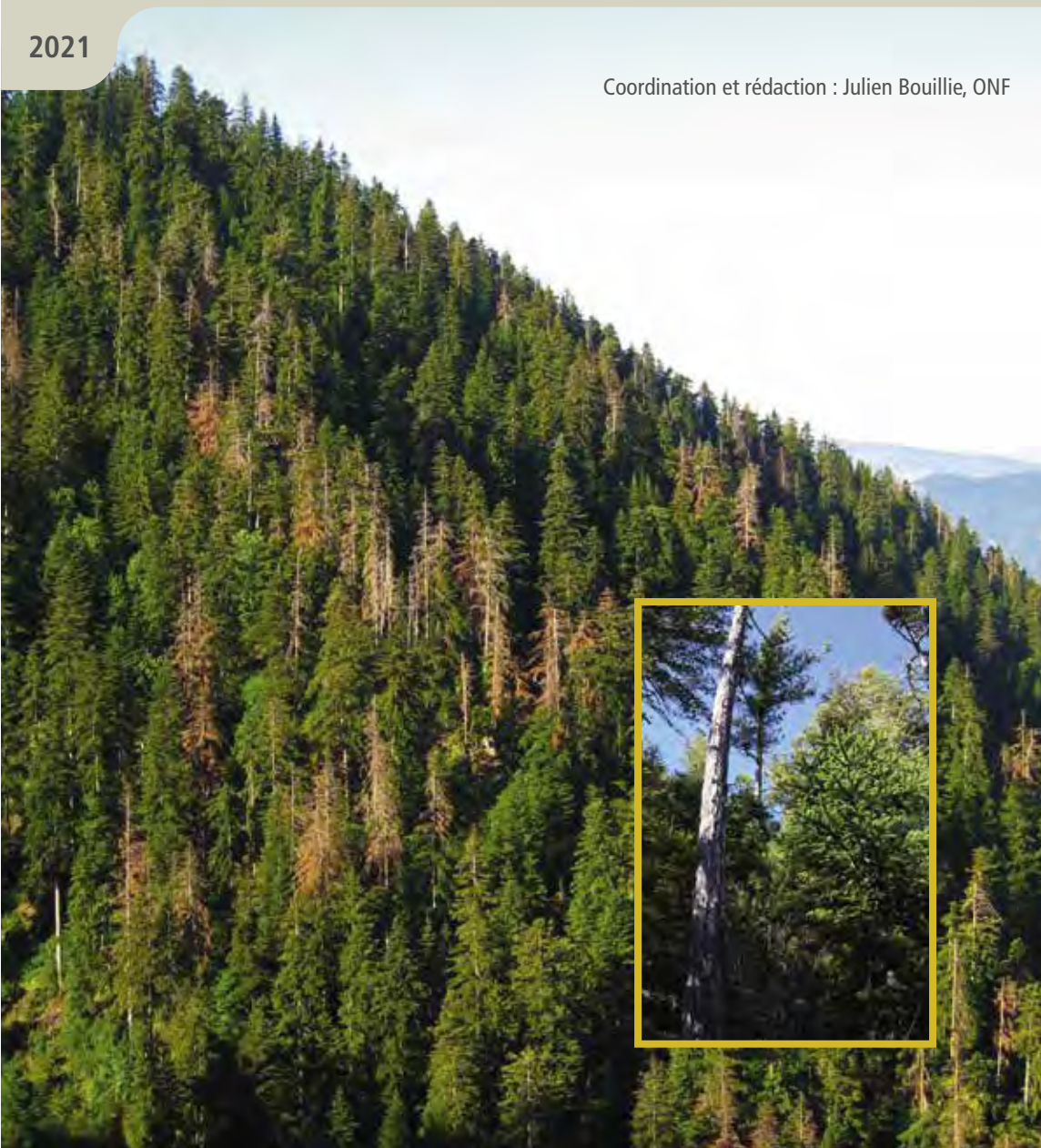


ADAPTER LES FORÊTS PUBLIQUES AU **CHANGEMENT CLIMATIQUE** EN PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

GESTION DES PEUPELEMENTS DE PRODUCTION VULNÉRABLES ET DÉPÉRISSENTS

2021

Coordination et rédaction : Julien Bouillie, ONF



© Office national des forêts, 2021
ISBN : 978-2-84207-397-8

Coordination et rédaction :
Julien Bouillie, ONF, Direction territoriale Midi-Méditerranée

Cet ouvrage a été imprimé sur du papier certifié PEFC

L'élaboration de ce guide a bénéficié de la participation financière de la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Crédits et légendes

des photos de couverture :

ONF, J Ladier (en haut) : dépérissement d'une sapinière en forêt domaniale de Clans (06).
ONF, L Micas (en bas à droite) : renouvellement d'un peuplement de pin noir vulnérable, par diversification en sapin de Céphalonie et cèdre de l'Atlas, en forêt domaniale de l'Issole (04).

- Toute reproduction ou représentation, intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, de la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite (article L. 122-4 du Code de la propriété intellectuelle) et constitue une contrefaçon.
- L'autorisation d'effectuer des reproductions par reprographie doit être obtenue auprès du centre Français d'Exploitation du droit de Copie (CFC) - 20, rue des Grands-Augustins 75006 Paris.

En Provence-Alpes-Côte d'Azur, la forêt couvre 1,6 millions d'hectares et 51 % du territoire. C'est la deuxième région la plus boisée de France. Source de bien-être qu'il faut entretenir et préserver, la forêt dessine nos paysages. De plus, elle abrite une biodiversité remarquable et joue un rôle important dans le processus d'adaptation et d'atténuation au changement climatique.

Mais c'est un territoire sous tension avec des pressions d'urbanisation forte et une vulnérabilité croissante face aux changements climatiques. Soumises à des épisodes de sécheresse de plus en plus réguliers et intenses, nos forêts sont fragilisées et connaissent des dépérissements inquiétants. Il est indispensable de poursuivre ensemble nos efforts pour que nos forêts puissent à la fois demeurer une source de bien-être et des lieux d'activités en lien avec la transition écologique que nous recherchons. La mobilisation de tous les acteurs de nos forêts et à tous les niveaux d'intervention s'avère pertinente.

La Région s'est fortement engagée en faveur de la transition écologique grâce notamment au Plan Climat « Une COP d'avance » et à travers le dispositif « 1 million d'arbres ». Des initiatives majeures sont prises avec nos partenaires, partout en région, pour agir efficacement face au changement climatique. L'ONF est un acteur clé du développement de nos territoires. Depuis plusieurs années, notre partenariat se renforce, dédié principalement au développement économique, à l'environnement et à la prévention des risques naturels. Il porte aussi sur les obligations de débroussaillage ainsi qu'à des actions de prévention et de réhabilitation des forêts incendiées.

La publication de ce guide en faveur de la sylviculture est une aubaine pour toutes les personnes, structures et organismes acteurs de nos forêts. En s'attachant à mettre en avant les pratiques les plus efficaces d'adaptation de nos forêts au changement climatique à partir d'exemples concrets, il répond aux interrogations et engage une dynamique pour la pérennité de nos forêts.

Facteurs d'équilibre essentiel à nos vies et à nos territoires, nos arbres et nos forêts ont plus que jamais besoin de notre action face au changement climatique.

Le Président de la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur

PARTIE 1

PRÉSENTATION, NOTIONS, PRINCIPES D' ACTIONS 7

I - OBJET, CONTEXTE ET FINALITÉ.....	8
I a - Objet.....	8
I b - Champ d'application.....	9
I c - Changement climatique et état sanitaire dans le contexte régional.....	13
<hr/>	
II - NOTIONS ET DÉFINITIONS : DÉPÉRISSEMENTS, BILAN HYDRIQUE, RÔLE DE LA SYLVICULTURE.....	15
<hr/>	
III - PRINCIPES D' ACTIONS ET LOGIQUE D' ENSEMBLE.....	19
III a - Principes de gestion.....	19
III b - Logique d' ensemble.....	21
<hr/>	
L'ESSENTIEL.....	22

PARTIE 2

EN AMONT : CARACTÉRISER LES PEUPELEMENTS VULNÉRABLES, MENER UNE SYLVICULTURE PRÉVENTIVE 25

I - CARACTÉRISER EN AMONT LES SITUATIONS DE VULNÉRABILITÉ.....	26
I a - Les cartes de vigilance climatique relative.....	26
I b - Autres travaux, clefs et facteurs de détermination du risque.....	30
<hr/>	
II - SYLVICULTURE PRÉVENTIVE.....	33
II a - Rattraper les retards d' éclaircies.....	33
II b - Dynamiser la sylviculture, jusqu' à un certain point.....	34
II c - Régénérer en priorité naturellement et diversifier, en favorisant le mélange.....	37
<hr/>	
L'ESSENTIEL.....	38

PARTIE 3

EN PHASE DE DÉPÉRISSEMENT : MIEUX DIAGNOSTIQUER POUR MIEUX DÉCIDER 41

I - OUTILS DE DIAGNOSTIC.....	42
<hr/>	
II - LE PROTOCOLE « DÉPÉRIS ».....	43
<hr/>	
L'ESSENTIEL.....	48

PARTIE 4

GÉRER LE PRÉLÈVEMENT DES PEUPEMENTS DÉPÉRISSANTS 51

I - APPROCHE GLOBALE, CLEF POUR DÉCLENCHER ET GUIDER LES PRÉLÈVEMENTS	52
II - RECOMMANDATIONS PARTICULIÈRES PAR ESSENCE	54
II a - Le sapin pectiné	54
II b - Le pin sylvestre : éléments pour répondre aux questions de la clef	55
II c - Le pin noir d'Autriche : éléments pour répondre aux questions de la clef	56
II d - Le chêne pubescent : éléments pour répondre aux questions de la clef	58
III - PRÉPARATION ET GESTION DE LA COUPE	60
III a - Préparer et désigner la coupe	60
III b - Intégrer les risques naturels et incendie, organiser le chantier	61
III c - Après le prélèvement	62
L'ESSENTIEL	63

PARTIE 5

**RENOUVELER LES PEUPEMENTS VULNÉRABLES
ET DÉPÉRISSANTS 67**

I - PRINCIPES GLOBAUX	68
I a - La priorité à la régénération naturelle en essences mélangées	68
I b - Le besoin en complément de diversifier en essences et provenances	71
II - ITINÉRAIRES, ESSENCES ET PROVENANCES POUR LA DIVERSIFICATION. 74	
II a - Itinéraires pour l'installation et le suivi dans le temps	74
II b - Essences et provenances	76
II c - Conduite des peuplements, fonctionnement	78
L'ESSENTIEL	80

ANNEXES 83

Annexe 1 : méthodologie, groupe de travail et personnes ressources pour l'élaboration du guide	84
Annexe 2 : méthodologie et interprétation des cartes de vigilance climatique relative	86
Annexe 3 : cartes de vigilance climatique relative des sylvo-écorégions de Provence-Alpes-Côte d'Azur	94
Annexe 4 : clefs Archi pour le sapin pectiné, les pins sylvestre et noirs et le chêne pubescent	99
Annexe 5 : liste régionale des MFR éligibles en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur	104
Annexe 6 : principales caractéristiques des essences pour la diversification	112



Photo : ONF, L Micas



PARTIE 1

**PRÉSENTATION, NOTIONS,
PRINCIPES D' ACTIONS**

I - OBJET, CONTEXTE ET FINALITÉ

I a - Objet

Le présent guide vise à fournir des recommandations pour la gestion des forêts de production vulnérables ou dépérissantes vis-à-vis des effets du changement climatique en région Provence Alpes Côte d'Azur. Elaboré dans le cadre d'une commande de la Direction générale de l'ONF¹ et d'une initiative partagée avec la Région Sud Provence Alpes Côte d'Azur, il s'adresse plus particulièrement aux **gestionnaires de terrain**. Pour cela, il s'appuie principalement sur le **transfert de connaissances, outils et références**, destinés d'une part à évaluer le degré de vulnérabilité et de dépérissement des peuplements forestiers, et d'autre part à prendre les décisions associées en termes de prélèvement et de renouvellement des forêts concernées.

Répondre aux questionnements du gestionnaire

Des situations de dépérissements dans les forêts de la région Provence Alpes Côte d'Azur sont observées depuis une trentaine d'années. Leur intensité et leur étendue sont croissantes, en lien particulièrement avec des périodes de sécheresse sévères et multipliées, et leur gestion pose des questions pour le gestionnaire à plusieurs niveaux sur le court comme le moyen et le long terme. Comment identifier et gérer préventivement les forêts concernées ? Comment réfléchir le prélèvement et la commercialisation d'arbres dépérissants tout en tenant compte de leur capacité de résilience et de leur rôle parfois encore fonctionnel au sein du peuplement ? Jusqu'à quel point compter sur la sylviculture et le renouvellement des essences en place ? Quels itinéraires pour la récolte de peuplements dépérissants et pour préparer l'avenir là où l'essence actuelle est remise en cause ? Comment accompagner la réponse naturelle des milieux en préservant la biodiversité ? Comment et dans quelles conditions accorder une plus grande place à d'autres essences et provenances mieux adaptées ? Comment mettre en relation les différents niveaux et métiers de l'établissement, et se concerter avec les partenaires et acteurs du territoire ?

Adapter la gestion des forêts comportant un enjeu de production

Seuls les peuplements ayant un rôle de production de bois sont traités. Cela ne signifie toutefois pas que les autres fonctions ne sont pas prises en compte dans leurs interactions avec la fonction de production. Au contraire dans le contexte régional, le niveau d'enjeu de production est souvent mesuré au regard de celui d'autres enjeux tels que la valeur paysagère, de cadre de vie, environnementale ou de loisirs des forêts publiques, sans oublier la protection contre les risques naturels. Il ressort globalement une situation de multifonctionnalité avancée qui soulève avec acuité le besoin de **concilier étroitement les opérations de sylviculture avec les autres composantes de la gestion**. Aussi il convient de s'imprégner de ce principe pour chaque action préconisée dans le guide.

Lien entre l'enjeu d'adaptation et le rôle d'atténuation des forêts vis-à-vis du changement climatique

L'adaptation de la gestion forestière au changement climatique est ici considérée **principalement du point de vue du stress hydrique engendré par les périodes de sécheresse**. Le guide ne traite pas directement du rôle joué par les forêts pour atténuer le changement climatique via le stockage de carbone. Ces deux enjeux sont toutefois indirectement en relation. En effet d'une part, la capacité à s'adapter au changement climatique conditionne le maintien d'une certaine capacité de stockage de carbone dans le peuplement (exemple d'une transition vers un état boisé de moindre capital sur pied). D'autre part, les préconisations du guide poursuivent l'objectif global de maintenir, dès que cela apparaît techniquement faisable et économiquement pertinent, la fonction de production de bois : la valeur des produits bois (énergie renouvelable, matériau durable) permet à cet égard d'éviter des flux d'émission de gaz à effet de serre en substitution à l'utilisation d'autres produits consommateurs de carbone fossile.

¹Lettre de commande DG-DFRN du 4 avril 2019, en référence à la méthodologie décrite par la note de service n° 14-D-370

Une approche basée sur le transfert de références

Le contenu à suivre ne comporte pas d'itinéraires sylvicoles précisément quantifiés par classe de fertilité et sur l'ensemble de la révolution du peuplement. Cela s'explique par l'état lacunaire des connaissances mais aussi par la nature intrinsèquement incertaine et évolutive du changement climatique et de ses effets sur les forêts. Il en résulte le besoin d'élaborer des réponses recherchant si possible la gestion de plusieurs scénarios d'avenir pour s'adapter, avec alors des itinéraires moins précis qu'un guide de sylviculture habituel.

Dans ces conditions, les recommandations reposent principalement sur le transfert de connaissances et d'outils existants ainsi que sur l'expertise accumulée de la gestion des situations et expériences passées. **La principale valeur ajoutée porte sur l'articulation et la mise en cohérence d'éléments existants de sources différentes, et la détermination de critères en vue de leur utilisation appropriée par le gestionnaire.** Les recommandations s'attachent à préciser les caractéristiques d'une intervention (dont la non-intervention) en fonction de l'état actuel du peuplement.

Une attention centrée sur la mise en œuvre de la gestion et les particularités du contexte régional

Certains cadrages stratégiques sont encore en cours de précision au moment de la préparation du guide, dans le cadre de la mise en œuvre du plan stratégique de l'Etablissement sur la période 2021-2025 et en déclinaison de la « feuille de route pour l'adaptation des forêts au changement climatique » du Ministère de l'agriculture (décembre 2020). Dans ces conditions, le guide se concentre sur des éléments relevant de la mise en œuvre de la gestion (processus SAM) et reliés aux particularités du contexte régional. De façon complémentaire, l'importance d'autres thématiques telles que le fonctionnement entre acteurs et la concertation avec le territoire est abordée, en veillant également à s'inscrire conformément à la stratégie nationale et de façon adaptée au territoire régional.

I b - Champ d'application

Quatre essences principalement concernées

Les observations de dépérissements passés et les données sur l'évolution de l'état sanitaire conduisent à traiter principalement **la vulnérabilité de quatre essences ayant un rôle de production significatif dans les forêts publiques de Provence Alpes Côte d'Azur : le sapin pectiné, le pin sylvestre, le pin noir d'Autriche et le chêne pubescent.**

D'autres essences apparaissent parfois concernées, dans une mesure toutefois moindre, soit en raison d'une intensité de dépérissement à un degré inférieur (exemple du chêne vert) soit d'un niveau d'enjeu de production associé plus bas (exemple du chêne liège). Des éléments complémentaires sont parfois fournis au-delà des quatre principales essences. C'est le cas du **hêtre** dont les peuplements à rôle de production n'ont pas connu jusqu'ici de dépérissement massif à l'échelle d'une unité de gestion, mais dont l'évolution de la notation de l'état des houppiers marque une dégradation sanitaire globale à l'échelle individuelle (source : Département de la santé des forêts). Des recommandations concernant la gestion préventive de cette essence sont alors formulées au titre de sa vulnérabilité (voir partie 2, chapitre I b et II).

Les tableaux et graphiques qui suivent présentent les principales essences à enjeu de production dans les forêts publiques, en mettant en avant la place occupée par celles plus particulièrement concernées par des dépérissements. Ces quatre essences retenues pour leur sensibilité aux dépérissements occupent 201 000 ha soit 43,5 % de la surface totale boisée des forêts publiques de la région. En termes de production, elles couvrent **111 100 ha soit 48 % de la surface classée en sylviculture.**

Surface totale occupée par principale essence dans les forêts publiques de PACA

(source FSA, 2020)

	Total par département	Alpes-de-Haute-Provence	Hautes-Alpes	Alpes-Maritimes	Bouches-du-Rhône	Var	Vaucluse
Sapin pectiné	20 900	4 400	7 000	9 000		300	100
Pin sylvestre	81 800	30 200	18 300	24 700	100	6 900	1 600
Pin noir d'Autriche	36 900	22 600	7 700	2 400		300	4 000
Chêne pubescent	62 000	17 700	2 400	4 400	2 900	24 600	10 000
Mélèze	62 600	18 700	30 800	13 100			
Chêne vert	49 100	3 000	0	3 000	8 800	18 400	16 000
Pin d'Alep	33 700	1 900	0	2 200	18 200	6 300	5 000
Hêtre	31 300	16 500	11 000	1 200		1 000	1 500
Chêne liège	14 900			100		14 800	
Pin à crochets	14 000	2 500	10 200	300			1 000
Pin maritime	8 400	100		1 300		6 800	200
Epicéa commun	6 700	2 700	1 000	3 000			
Cèdre de l'atlas	5 100	2 000	100	100		700	2 200
Autres essences	35 900	9 800	7 500	8 400	2 100	6 700	1 400
Total général	463 100	132 100	96 200	73 100	32 200	86 700	42 900

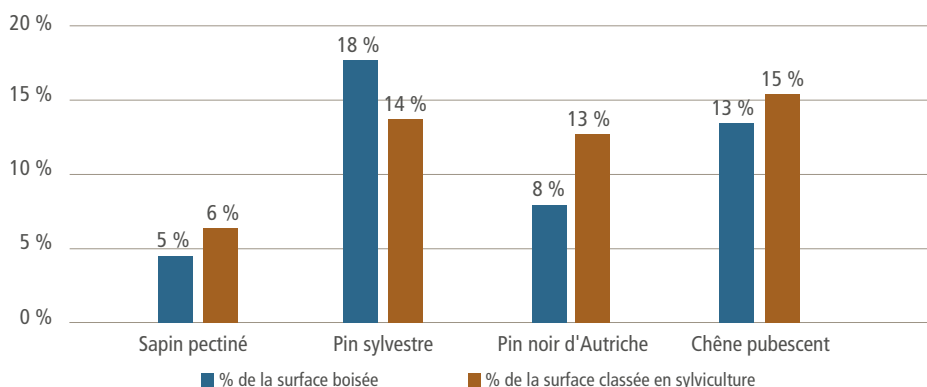
Surface en sylviculture des principales essences à enjeu de production dans les forêts publiques de PACA

(source FSA, 2020)

	Total par département	Alpes-de-Haute-Provence	Hautes-Alpes	Alpes-Maritimes	Bouches-du-Rhône	Var	Vaucluse
Sapin pectiné	14 700	3 300	5 200	5 900		200	200
Pin sylvestre	31 600	8 900	7 800	7 800		6 400	700
Pin noir d'Autriche	29 300	17 400	7 000	1 000		200	3 600
Chêne pubescent	35 500	11 200	1 600	1 300	1 700	16 500	3 300
Mélèze	24 700	4 700	14 800	5 200			
Chêne vert	20 300	1 600		600	4 300	9 000	4 900
Hêtre	19 900	9 400	7 900	1 000		700	900
Pin d'Alep	19 500	2 000		800	11 200	3 800	1 700
Chêne liège	11 100					11 100	
Cèdre de l'Atlas	4 800	2 900	400			300	1 200
Pin à crochet	4 100	200	3 200	300			300
Pin maritime	4 100	100		300		3 600	100
Epicéa commun	1 800	700	300	700			
Autres essences	10 100	1 100	2 600	2 000	600	3 400	400
Total général	231 300	63 400	50 800	26 900	17 800	55 100	17 300

Proportion en surface des principales essences concernées par le guide dans le contexte régional

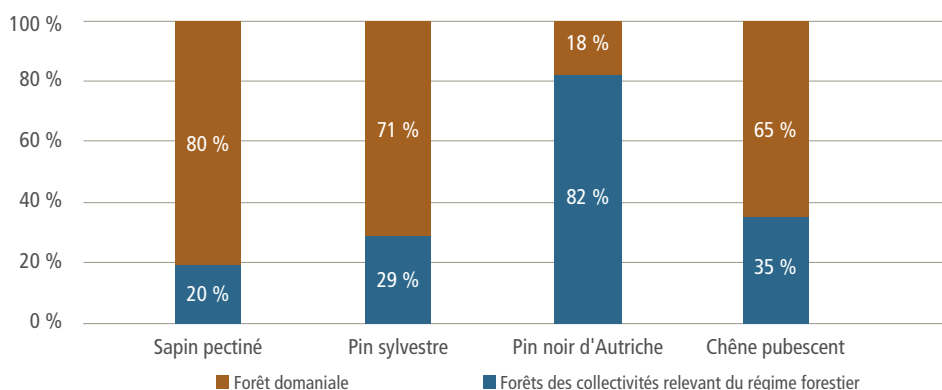
(source : FSA, 2020)



Répartition de la surface occupée entre forêt domaniale et forêts des collectivités

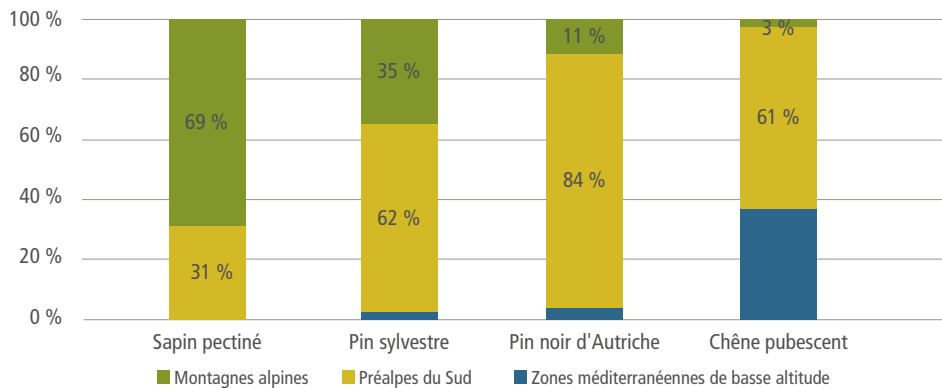
(source FSA, 2020)

NB : les surfaces de forêts publiques en PACA sont réparties entre 32,5 % de forêts domaniales et 67,5 % de forêts des collectivités



Répartition par zone biogéographique des principales essences étudiées

(source : Directives et schémas régionaux d'aménagements ; FSA, 2020)



Une approche biogéographique non limitative

La répartition des essences étudiées correspond aux compartiments bioclimatiques supra méditerranéen et montagnard (inférieur, moyen et supérieur).

Compartiments bioclimatiques de référence

(source : guide des sylvicultures de montagne des Alpes du Sud françaises, J Ladier et al, 2014)

UBAC	ADRET
alpin	
2350 m	2350 m
subalpin supérieur	
2100 m	2100 m
subalpin inférieur et moyen	
1800 m	1850 m
montagnard supérieur	
1600 m	1700 m
montagnard moyen	
1250 m	1400 m
montagnard inférieur	
950 m	1200 m
supraméditerranéen	

Sylvo-écorégions de l'IGN pour la région PACA et les départements de la Drôme et l'Ardèche



La correspondance avec les sylvo-écorégions de l'IGN fait apparaître des situations différenciées. Ainsi, la vulnérabilité du chêne pubescent concerne l'ensemble de son aire en lien avec un état sanitaire général dégradé. Quant aux sapin pectiné, pin sylvestre et pin noir d'Autriche, leur sensibilité aux dépérissements concerne plus particulièrement certaines sylvo-écorégions : les Préalpes du Sud, le secteur pré ligure, les Alpes externes et intermédiaires (partie méridionale), la Provence calcaire (pour les pins). Toutefois, ces essences apparaissent vulnérables à l'avenir sur les autres sylvo-écorégions. En outre, le rôle joué par la topographie locale (altitude, exposition, pente, confinement, concavité ou convexité du versant) est souvent déterminant sur le régime pluviométrique et le bilan hydrique des forêts ce qui nuance la pertinence d'une approche par secteur biogéographique. Ainsi sauf cas traité explicitement (exemple des Préalpes du Sud pour le sapin pectiné et le pin sylvestre), la gestion des peuplements vulnérables ou dépérissants de ces essences est considérée globalement dans le contexte des étages de végétation.

Enfin, comme pour le Guide des sylvicultures de montagne des Alpes du Sud, **le champ d'application du présent guide concerne également les parties sud de la Drôme et de l'Ardèche, à savoir les régions forestières IGN du Haut-Diois, Baronnies, Nyonsais, Bas vivarais et Collines rhodaniennes.** Le contexte bioclimatique est en effet comparable et cette zone présente d'importants dépérissements de sapin pectiné, pin noir d'Autriche et chêne pubescent dont les caractéristiques sont similaires à ceux de Provence Alpes Côte d'Azur.

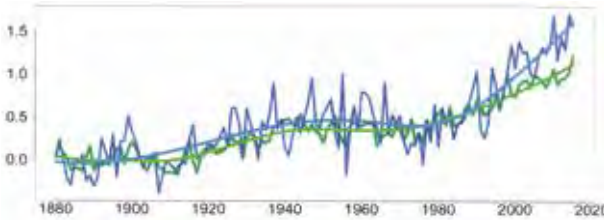
I c - Changement climatique et état sanitaire dans le contexte régional

Une intensité et des effets comparativement plus marqués qu'ailleurs

Les effets du changement climatique sur la hausse des températures moyennes sont particulièrement significatifs dans le bassin méditerranéen, avec **une augmentation supérieure à la moyenne globale.**

Évolution comparée des températures à l'échelle planétaire (en vert) et sur le bassin méditerranéen (en bleu), avec écart à la la moyenne

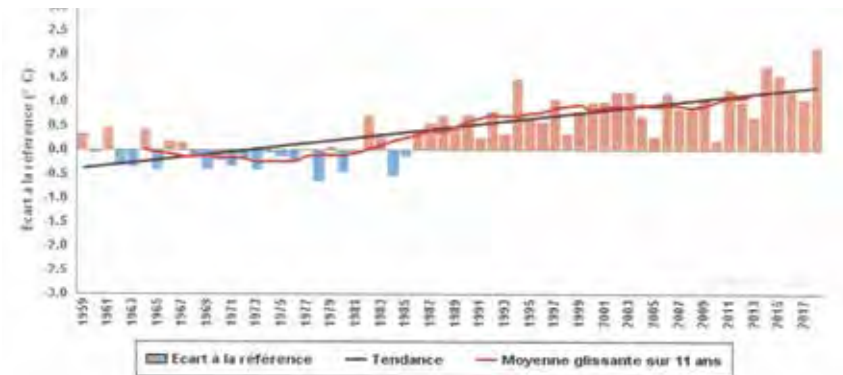
(source : Cramer et al., 2018 - data analysis: A. Toreti, JRC - d'après GREC-Sud)



Ainsi en Provence Alpes Côte d'Azur, la tendance traduit une hausse des températures en 2020 de + 1,5 à + 2°C par rapport à la moyenne de la période 1961-1990, et une aggravation du déficit hydrique sur la saison de végétation.

Température maximale annuelle en région PACA, avec écart à la référence 1961 – 1990

(source : Météo France, 2020)

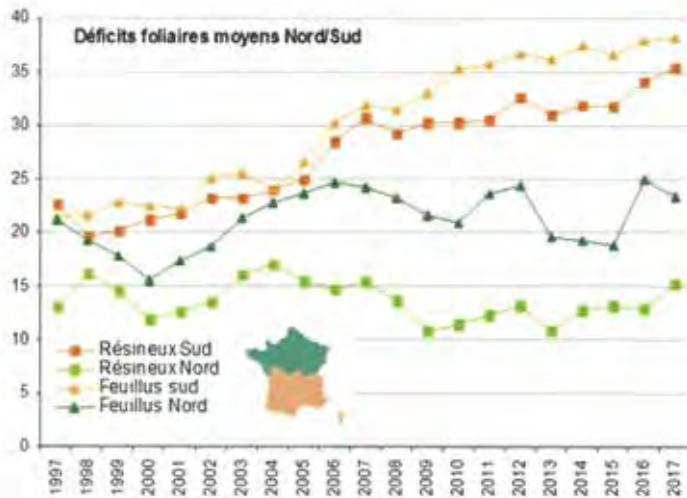


Un état sanitaire qui se dégrade

Le déficit foliaire des arbres, indicateur de leur vitalité et symptôme de dépérissements, évolue selon une intensité plus élevée au Sud de la France qu'au Nord (15 à 20 % de déficit foliaire supplémentaire en moyenne).

Evolution comparée du déficit foliaire moyen entre les parties Nord et Sud de la métropole

(source : Ministère de l'Agriculture, Département de la santé des forêts - DSF)



Des essences et secteurs historiquement concernés, en cours d'extension

La situation sanitaire sur la région a connu plusieurs phases de dégradation. La première phase d'ampleur remonte aux années 1990 avec des dépérissements concernant le pin sylvestre sur les Préalpes sèches, le sapin pectiné sur ces mêmes Préalpes sèches et sur les Alpes pré ligures et externes (parties méridionale), le pin noir de façon plus ponctuelle dans les Préalpes et le chêne pubescent globalement sur son aire de répartition. La seconde correspond à la canicule de 2003 et aux années suivantes, où la sévérité du phénomène s'amplifie à l'échelle de massifs forestiers en particulier sur les pineraies sylvestres et les sapinières. Plus récemment suite à la sécheresse exceptionnelle de 2017, les dépérissements semblent se ré-enclencher sur les zones historiques et s'étendre à de nouveaux secteurs.

Concernant le pin noir d'Autriche, des dépérissements de plus grande ampleur sont apparus au cours des dernières années, souvent corrélées à des attaques de *Diplodia pinea* (ou sphaeropsis des pins), champignon pathogène qui agit sur des arbres affaiblis par des périodes répétées de stress hydrique.



Dépérissement de sapinière dans le Mercantour. Photo : ONF

Un objectif prioritaire de la politique forestière régionale

Le **Programme régional de la forêt et du bois de la région Provence Alpes Côte d'Azur** sur la période 2019 – 2029 souligne l'enjeu central d'adapter la gestion au changement climatique. La première orientation retenue est de « faire évoluer et dynamiser la gestion forestière dans un contexte de changement climatique ». De même, les deux premières fiches actions ont pour objectifs de « mieux connaître et faire connaître l'évolution et l'impact du changement climatique » et d'« anticiper le changement climatique » dans la gestion forestière.

II - NOTIONS ET DÉFINITIONS : DÉPÉRISSEMENTS, BILAN HYDRIQUE, RÔLE DE LA SYLVICULTURE

Le dépérissement, un phénomène complexe aux causes multifactorielles

« Un dépérissement est un phénomène complexe causé par un ensemble de facteurs interagissant et se succédant d'une façon particulière qui entraîne une détérioration générale et graduelle des arbres concernés [...] se terminant parfois par la mort de certaines tiges et la résilience d'autres » (LM Nageleisen et M Goudet, DSF, 2018).

On distingue généralement des **facteurs prédisposants, puis déclenchants et enfin aggravants**. Parmi ces facteurs, le déficit hydrique prolongé apparaît comme le principal facteur déclenchant dans le contexte de la région.

Illustration des facteurs pouvant intervenir dans un phénomène de dépérissement

(Source : Ministère de l'agriculture, DSF)
*dont absence de sylviculture

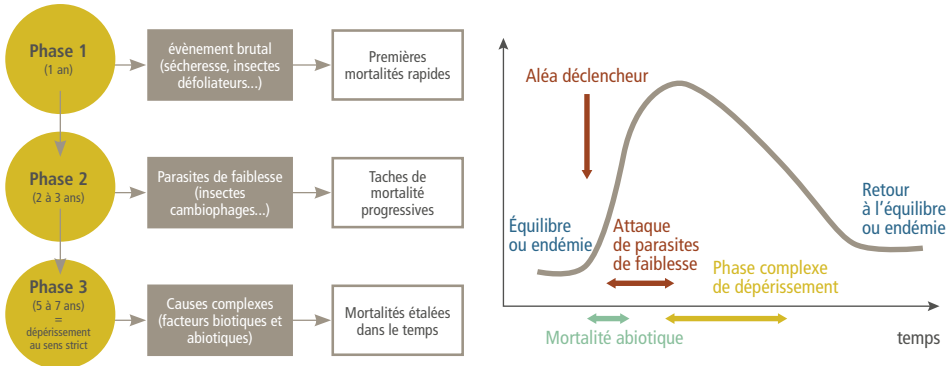


Une évolution généralement sur plusieurs années, avec différentes phases

Les phénomènes de dépérissements suivent généralement une chronologie étalée sur plusieurs années et caractérisée par une progressivité qui associe généralement la survenue de parasites de faiblesse (insectes, champignons, bactéries).

Schéma type de l'évolution chronologique d'un phénomène de dépérissement

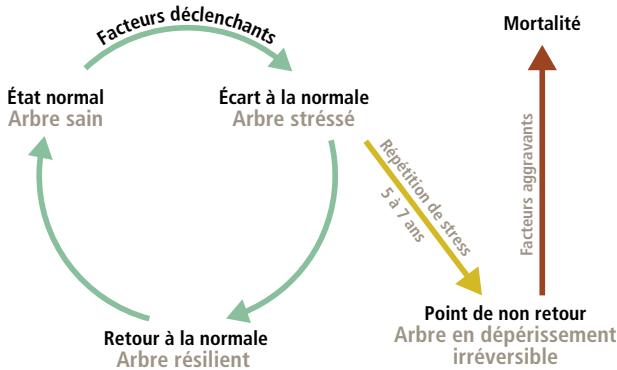
(source : Ministère de l'agriculture, DSF)



A l'échelle d'un arbre, l'évolution de l'état sanitaire n'est pas linéaire. Un arbre sain qui se retrouve stressé suite à une sécheresse peut évoluer soit vers un dépérissement irréversible (mortalité prématurée) soit vers un écart à la normale (descente de cime, repli) qui peut lui-même se traduire ensuite par le retour à un état sain (résilience) ou à un nouvel état stressé.

Schéma des scénarios d'évolution d'un dépérissement

(source : CNPF, Ch. Drénou)



Du point de vue sylvicole, le retour d'un arbre stressé à un état sain peut s'accompagner d'une perte importante de qualité du bois et de valeur commerciale (cas en particulier du sapin pectiné, mais aussi du pin sylvestre et du pin noir) alors qu'il lui permet encore de jouer un rôle fonctionnel à l'échelle du peuplement (cas de sapinières pour le maintien de l'ambiance forestière). Il s'agit donc de **définir le moment opportun pour intervenir, à la fois pour la récolte du capital sur pied afin de rétribuer le propriétaire et le gestionnaire, et pour la reconstitution afin d'assurer le renouvellement du peuplement, sans en amoindrir les capacités de résilience naturelle.**

Une définition précise en référence à des protocoles standardisés

Les personnels œuvrant pour le compte du Département de la santé des forêts (DSF) s'appuient sur le guide d'évaluation des dépérissements diffusé par note de service du Ministère de l'agriculture le 4/07/2018 (référence DGAL/SDQSPV/2018-433, Département de la santé des forêts). Cette méthode s'intègre dans le cadre d'une approche cohérente et renvoie à un protocole précisant la définition d'un arbre et d'un peuplement dépérissant à travers différentes échelles de mise en œuvre. D'autres outils d'évaluation existent, basés sur l'architecture de l'arbre, dont l'usage s'avère complémentaire de la méthode du Ministère et permet de l'approfondir. Ces protocoles, avec leurs modalités d'utilisation dans le contexte régional, sont présentés à la partie 3.

Appréhender les notions de vulnérabilité et de résilience

Le changement climatique est caractérisé par une incertitude durable quant à ses effets à différents niveaux. Les hypothèses d'émissions de gaz à effet de serre conditionnent plusieurs scénarios de hausse des températures et d'évolution du climat, qui alimentent eux-mêmes plusieurs types de modèles pour évaluer les impacts sur les écosystèmes forestiers, dont les capacités de réaction et d'adaptation en retour dépendent également d'autres hypothèses.

Par conséquent compte tenu de ces incertitudes en cascade, le choix est fait d'appréhender la vulnérabilité des peuplements à partir du climat et des stations actuels en postulant que les contraintes futures en termes de sécheresse et chaleur s'appliqueront globalement sur les zones où les contraintes actuelles sont déjà les plus fortes (voir partie 2, chapitre II). En complément, l'évaluation des capacités de résistance et de résilience se nourrit utilement du retour d'expérience des précédents épisodes de dépérissements. À ce titre, les dépérissements évoluent quasi généralement par **étapes de dégradation successives à l'échelle du peuplement, plutôt que par un emballement brutal ou à l'opposé à travers une tendance vers la rémission.**

Le rôle de la sylviculture sur le bilan hydrique d'un peuplement

Dans un contexte pédoclimatique donné, les éclaircies ont pour effet de faire varier l'indice foliaire du peuplement. Cet indice foliaire conditionne les principaux flux d'eau entrant et sortant (précipitations, transpiration, interception des précipitations, évaporation du sol) des différentes strates d'un peuplement (arborée, arbustive, herbacée).

À SAVOIR

Arbre résistant

Arbre qui se maintient en état en présence de facteurs de perturbation.

Arbre résilient

Arbre dont le développement du houppier, après un écart à la normale, retrouve une dynamique architecturale normale.

À SAVOIR

Indice foliaire

Surface foliaire contenue dans les strates feuillées, rapportée à une unité de surface du sol. C'est un paramètre clef pour le fonctionnement d'un peuplement du point de vue du bilan hydrique, car c'est le moteur essentiel de la transpiration et de l'interception des précipitations.

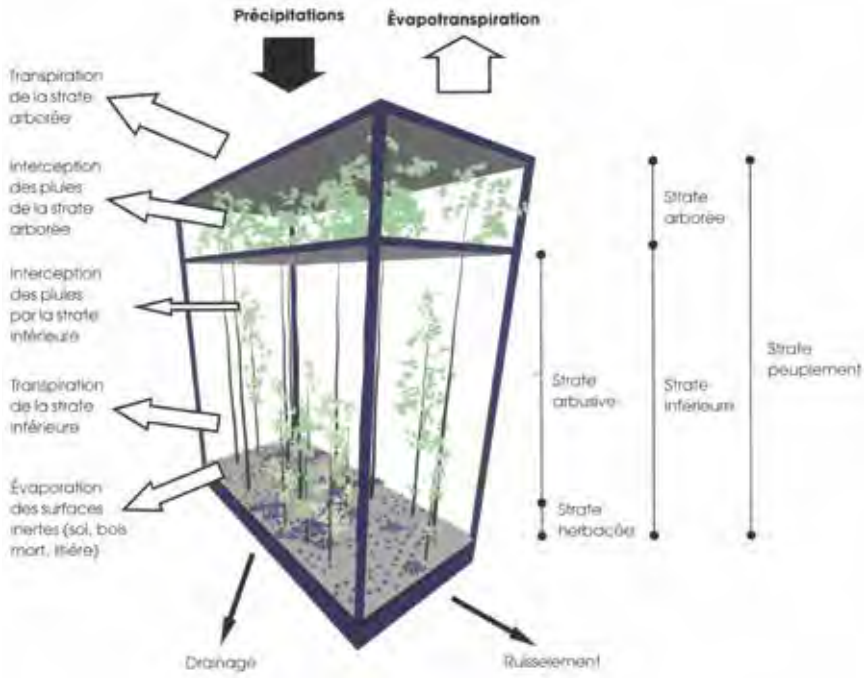


Illustration des flux d'eau en jeu dans le bilan hydrique des strates d'un peuplement forestier (source : Le bilan hydrique des peuplements forestiers : état des connaissances scientifiques et techniques, implication pour la gestion, AFORCE, 2016)



Sapins pectinés en situation de stress hydrique irréversible. Photo : ONF

Par les éclaircies, la sylviculture permet d'influer sur le partitionnement des flux d'eau entre les strates, en cherchant à allouer la plus grande partie de la consommation d'eau au bénéfice de la strate arborée (étage dominant) et à limiter celle de la strate inférieure.

Sans intervention sylvicole, l'indice foliaire augmente jusqu'à un certain seuil avant de se stabiliser. Le bilan hydrique d'un peuplement avec un indice foliaire élevé est souvent défavorable en raison d'une forte transpiration et d'une interception importante des pluies limitant la recharge du réservoir en eau utilisable du sol. **Les éclaircies peuvent alors jouer un rôle bénéfique en contrôlant et réduisant l'indice foliaire et en cherchant en parallèle à éviter le développement de la strate inférieure.** Ainsi, l'éclaircie régulière et modérée influence favorablement les composantes du bilan hydrique de la strate arborée. L'idéal serait que le peuplement soit toujours légèrement entrouvert par des interventions régulières et suffisamment importantes sans toutefois provoquer l'isolement des arbres et un couvert trop discontinu.

III - PRINCIPES D' ACTIONS ET LOGIQUE D' ENSEMBLE

III a - Principes de gestion

S'inscrire en cohérence avec les autres démarches

Les recommandations du présent guide complètent les préconisations du **Guide des sylvicultures de montagne des Alpes du Sud françaises** (référence ONF 9200-12-GUI-TEC-007), et elles déclinent pour les forêts publiques des orientations du Programme régional de la forêt et du bois sur l'adaptation de la gestion des forêts au changement climatique. Son élaboration a également été coordonnée avec la **révision du Guide national de gestion des crises sanitaires en forêt** (référence ONF 9200_11_GUI_CRI_003_vB) afin d'assurer la cohérence des démarches. Enfin, ce guide valorise les résultats de projets en cours au sein du **réseau Aforce** (réseau d'établissements français pour l'adaptation des forêts au changement climatique).

Agir maintenant, de façon priorisée et progressive

Les principes d'action découlent de constats à plusieurs niveaux :

- les questionnements des gestionnaires et les attentes des propriétaires pour définir des itinéraires de gestion adaptée,
- le contexte durablement incertain de l'évolution du changement climatique et de ses effets sur les forêts,
- le rôle reconnu des éclaircies pour piloter le bilan hydrique et limiter les effets des sécheresses².

Le croisement de ces constats conduit à **agir maintenant en définissant des solutions progressives, priorisées et réversibles. Ainsi, il apparaît préférable d'avancer au fur et à mesure du progrès des connaissances, en privilégiant des solutions aux meilleures garanties de réussite, limitant les potentiels effets négatifs à d'autres niveaux (fonction de protection, enjeu environnemental), et évitant de s'engager dans une trajectoire irréversible.**

Gérer plusieurs scénarios d'avenir possibles tout en s'appuyant sur les arbres sains du peuplement existant

L'adaptation au changement climatique implique d'adopter une approche particulière pour la conduite des peuplements. **Il s'agit de concilier dans la gestion actuelle une diversité de scénarios de gestion possibles à l'avenir, de façon à répartir la prise de risques indispensable à la gestion d'un cycle de long terme.** Ainsi la notion d'essence objectif n'est plus à apprécier comme constante à l'échelle de la

² Références : Potential of forest thinning to mitigate drought stress: A meta-analysis, Sohn et al., Forest Ecology and Management, 2016
Short- and long-term efficacy of forest thinning to mitigate drought impacts in mountain forests in the European Alps, Elkin et al., Ecology Applications, 2015

révolution du peuplement ; elle devient évolutive au sein d'une gamme d'essences potentielles en fonction du changement des conditions pédoclimatiques.

Dans ce contexte, il est important de privilégier la diversité des approches. A l'inverse, la mise en œuvre d'un seul système de gestion selon une certitude a priori est à proscrire en matière de stratégie de gestion du risque. C'est pourquoi l'introduction de nouvelles essences ou provenances comme alternatives aux peuplements en place, en particulier ceux dont la capacité de régénération naturelle en essences objectifs viables apparaît insuffisamment garantie, constitue un enjeu important.

En tout état de cause lorsque l'avenir de l'essence en place est compromis, la recherche d'une autre essence objectif à terme s'effectue tout en s'appuyant sur la gestion des arbres sains du peuplement existant. **Ce principe, qui relève de la répartition du risque sur le long terme et de la bonne gestion économique des investissements réalisés, considère qu'il y a un intérêt supérieur à une gestion par évolutions progressives plutôt que par transformations brutales. Il mise sur d'éventuelles capacités de résilience méconnues de l'essence en place pour lui permettre de continuer à jouer son rôle d'essence objectif en mélange, et il tient compte du contexte méditerranéen de faible productivité globale, qui impose de limiter les investissements en matière de renouvellement des peuplements de production.**

Veiller au maintien de l'ambiance forestière, diversifier au lieu de transformer

En pratique, cela signifie que les prélèvements en phase de dépérissement poursuivent l'objectif d'assurer des revenus au propriétaire (limitation des sacrifices d'exploitabilité, capacité à réinvestir) tout en veillant à ne pas descendre en-dessous d'un seuil minimal de capital sur pied, car cela pourrait s'avérer contre-productif pour le bilan hydrique du peuplement et l'impact des prochains épisodes de sécheresse.

De même, les opérations de transformation de l'ensemble du peuplement (plantation en plein sur des surfaces importantes) sont limitées à des cas exceptionnels réunissant des conditions particulières : classe de fertilité 1 ou 2 garantissant un potentiel de production de bois d'œuvre, terrain mécanisable, avenir compromis de l'essence actuelle formellement établi, impossibilité de régénération naturelle en autre essence à potentiel de bois d'œuvre, compatibilité avec les enjeux environnementaux et la sensibilité paysagère du site, objectifs de gestion partagés avec les acteurs locaux. **Ainsi le renouvellement des peuplements est raisonné en donnant la priorité à la régénération naturelle en essences mélangées et en la complétant par des opérations de diversification sur de faibles surfaces unitaires pour introduire du mélange dans le peuplement.** Les modalités de diversification sont précisées dans la partie 5 : plantation par placeaux le plus souvent ; transformation en plein dans des situations circonstanciées ; recours au semis sous forme de test.

III b - Logique d'ensemble

Le raisonnement global pour la gestion des peuplements vulnérables et dépérissants est résumé dans le schéma suivant.

PRINCIPES D'ACTIONS

- Nombreuses questions du gestionnaire et attentes du propriétaire
 - Les effets du changement climatique sur les peuplements forestiers en PACA : des dépérissements qui s'intensifient et s'étendent, une capacité d'adaptation naturelle limitée, un contexte durablement incertain
 - Le rôle reconnu des éclaircies sur le bilan hydrique et la résistance aux sécheresses
- Définir des solutions progressives, priorisées et réversibles : privilégier les itinéraires aux meilleures garanties de réussite limitant les potentiels effets secondaires négatifs, intégrant une dimension adaptative
- Gérer l'avenir tout en continuant de s'appuyer sur le peuplement sain existant
- Concilier dans la gestion actuelle plusieurs scénarios d'avenir possibles ; privilégier la diversité des approches

1

2

3

EN AMONT

Caractériser les peuplements vulnérables

- Analyse de l'historique des dépérissements passés
- Cartes de vigilance climatique relative, complétées par des analyses de terrain
- Autres : clef de détermination pour le sapin pectiné, prise en compte du gui

Mener une sylviculture préventive

- Rattrapage des retards d'éclaircies
- Dynamisation de la sylviculture, jusqu'à un certain point
- Conservation d'îlots de vieux bois
- Maitrise des autres facteurs de risque : maintenir ou restaurer l'équilibre forêt-gibier, limiter l'impact de l'exploitation sur les sols, prévenir la survenue d'attaques sanitaires (période de stockage des bois réduite sur site)
- Acquisition de la régénération : voir étape 3 sur la gestion à long terme

EN PHASE DE DÉPÉRISSÉMENT

Mieux diagnostiquer pour mieux décider

- Deux outils complémentaires
- le protocole Dépéris
 - le protocole Archi

Gérer le prélèvement

- Une clef de détermination pour déclencher et guider la récolte, selon que :
 - l'avenir de l'essence en place est compromis ou non
 - le peuplement est capitalisé ou non
 - un risque supplémentaire (attaque pathogène, incendie) est associé au dépérissement
- Des critères et seuils chiffrés, déclinés par essence : sapin pectiné, pin sylvestre, pin noir d'Autriche, chêne pubescent
- Préparation et gestion de la coupe

SUR LE LONG TERME

Renouveler les peuplements vulnérables et dépérissants lorsque l'avenir de l'essence en place apparaît compromis

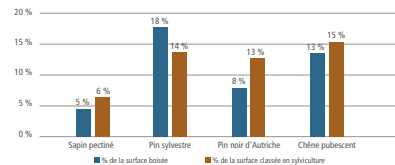
- Principes
 - Diversifier par voie naturelle et par placeaux, planter exceptionnellement en plein
 - Renouveler sans chercher à éliminer l'essence en place : intérêt supérieur à une gestion par évolution progressive, limitation des investissements en contexte méditerranéen de faible productivité
 - Priorité à la régénération naturelle en essences mélangées
 - Besoin en complément de diversifier en essences et provenances
 - Protocoles et modalités d'installation
 - Essences potentielles de diversification pour le sapin pectiné, le pin sylvestre, le pin noir d'Autriche, le chêne pubescent.
 - Suivi, retours d'expériences, conduite à venir : créer les conditions de progresser au fur et à mesure, intégrer une dimension adaptative

L'ESSENTIEL

Un guide

- pour adapter la gestion des forêts publiques à rôle de production, tout en intégrant les autres enjeux forestiers souvent déterminants dans le contexte régional : cadre de vie, paysage, environnement, risques incendies, risques naturels en montagne
- pour répondre aux questions des gestionnaires et attentes des propriétaires : *Comment identifier et gérer préventivement les forêts concernées ? Comment réfléchir le prélèvement et la commercialisation d'arbres dépérissants tout en tenant compte de leur capacité de résilience et de leur rôle parfois encore fonctionnel au sein du peuplement ? Jusqu'à quel point compter sur la sylviculture et le renouvellement des essences en place ? Quels itinéraires pour le prélèvement de peuplements dépérissants et pour préparer l'avenir là où l'essence actuelle est remise en cause ? Comment accompagner la réponse naturelle en préservant la biodiversité ? Comment et dans quelles conditions accorder une plus grande place à d'autres essences mieux adaptées ?*
- basé sur une approche de transfert de connaissances et d'outils existants
- qui traite principalement de 4 essences particulièrement sensibles aux dépérissements et ayant un rôle de production significatif dans le contexte régional : sapin pectiné, pin sylvestre, pin noir d'Autriche, chêne pubescent. Ces essences représentent 201 000 ha ou 43,5 % de la surface boisée, ainsi que 110 000 ha ou 48 % de la surface en sylviculture des forêts publiques de PACA.

Voir tableaux et graphiques du chapitre 1b

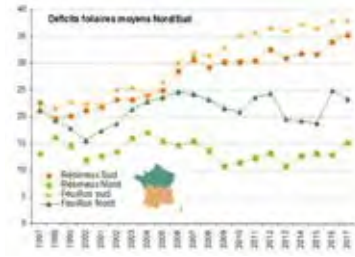


En complément, le hêtre est abordé au titre de sa vulnérabilité même s'il ne connaît pas actuellement de dépérissement marqué à l'échelle du peuplement.

- dont le champ d'application couvre la région PACA et le sud de la Drôme et l'Ardèche (contexte bioclimatique et situations de dépérissements comparables)

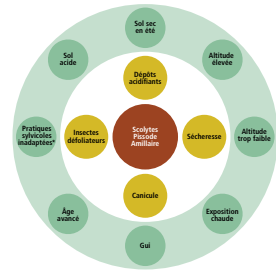
Le changement climatique et les dépérissements forestiers dans le contexte régional

- Une intensité et des effets comparativement plus marqués, et un état sanitaire qui se dégrade
- Des secteurs concernés depuis 30 ans par des dépérissements, qui s'étendent et s'intensifient
- Adapter la gestion au changement climatique : un objectif prioritaire de la politique forestière régionale (PRFB)



Dépérissements et sylviculture

- Le dépérissement, une évolution sur plusieurs années avec différentes phases : tendance générale vers la dégradation progressive à l'échelle du peuplement, plutôt qu'un emballement brutal ou ne rémission
- Le dépérissement, un phénomène complexe aux causes multifactorielles
- Le rôle reconnu des éclaircies sur le bilan hydrique : la sylviculture permet d'influer sur les flux d'eau entre les strates de peuplement. L'objectif est d'allouer la plus grande partie de la consommation en eau au bénéfice de la strate arborée tout en limitant celle de la strate inférieure.



Principes d'actions

- Cohérence avec les autres démarches et documents cadres existants : révision du guide national de gestion des forêts en crise sanitaire, guide des sylvicultures de montagne des Alpes du Sud françaises, travaux de recherche-développement
- Besoin d'agir maintenant, de façon progressive et priorisée
- Gérer plusieurs scénarios d'avenir possibles tout en continuant de s'appuyer sur la gestion du peuplement sain existant. Ce principe, qui vise à répartir la prise de risque indispensable à la gestion d'un cycle de long terme, considère qu'il y a un intérêt supérieur à une gestion par évolutions progressives, mise sur d'éventuelles capacités de résilience méconnues, et tient compte du contexte méditerranéen global de faible productivité appelant à limiter les investissements. Ainsi, il s'agit de veiller au maintien de l'ambiance forestière pour le prélèvement en phase de dépérissement, et de diversifier par voie naturelle et par placeaux en réservant les plantations en plein sur des surfaces importantes à des situations exceptionnelles.



Photo : DSF, P Girard



PARTIE 2

**EN AMONT : CARACTÉRISER
LES PEUPEMENTS VULNÉRABLES,
MENER UNE SYLVICULTURE PRÉVENTIVE**

I - CARACTÉRISER EN AMONT LES SITUATIONS DE VULNÉRABILITÉ

L'utilisation des catalogues et cartes de stations, lorsqu'ils existent, constitue l'approche la plus adaptée pour évaluer le réservoir en eau du sol et la vulnérabilité des peuplements aux épisodes de déficit hydrique. **A défaut ou si les informations sont insuffisantes, les éléments de ce chapitre permettent une évaluation des secteurs ou situations de vulnérabilité, avant de les affiner par une analyse sur le terrain.**

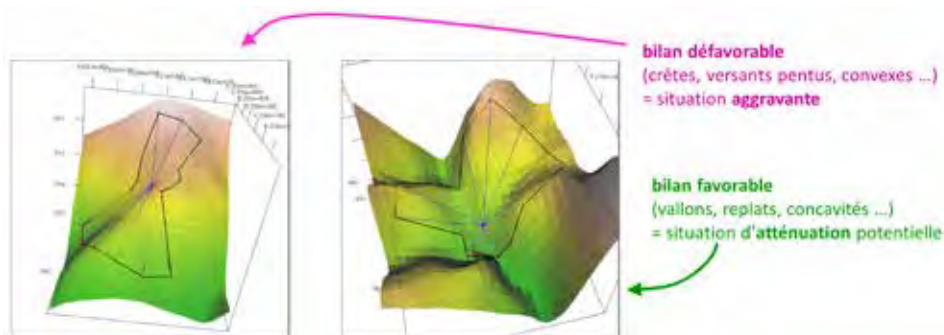
Références : Catalogue des stations forestières du pays du Lubéron, P Varese – PNR Lubéron / ENGREF, 1997 ; Etude des potentialités forestières des terres délaissées en région PACA, T Panini – CRPF PACA, 1999 ; Evaluation des potentialités forestières de la Provence calcaire, M Vennetier, C Ripert, E Maillé - Cemagref, 2001 ; Guide technique du forestier méditerranéen français, Cemagref d'Aix-en-Provence, 1992 ; Les stations forestières de la Provence cristalline, J Ladier et C Ripert – Cemagref, 1996 ; Typologie des stations forestières du massif Sainte Victoire, J Ladier et B Boisseau – Cemagref, 1992

I a - Les cartes de vigilance climatique relative

Description et modalités d'interprétation

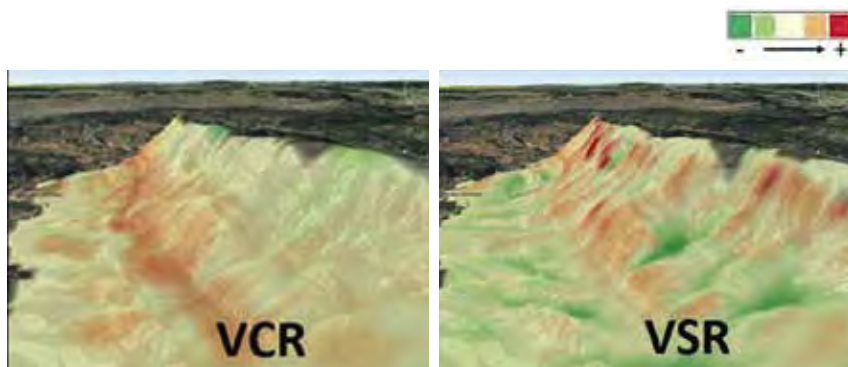
Le pôle Recherche-développement-innovation (RDI) d'Avignon a développé une méthode cartographique de vigilance relative fondée soit sur le climat (vigilance climatique relative) soit sur une combinaison du climat et de la topographie locale (vigilance stationnelle relative). Ces cartographies ne s'appuient pas sur des modélisations du climat à venir, dont les incertitudes de prédiction sont si larges que des choix de gestion pertinents sont difficiles à établir. Elles reposent sur les **données climatiques actuelles**, en postulant que les plus fortes contraintes climatiques futures s'appliqueront quasi-certainement là où les contraintes actuelles de sécheresse sont déjà les plus élevées. Le recours aux données actuelles présente en outre l'intérêt d'autoriser des restitutions pertinentes à une résolution fine (50 mètres), ce qui permet de tenir compte des variations locales induites par le relief.

La méthode d'élaboration de ces cartes est décrite à l'annexe 2. Elle s'appuie sur les **données climatiques de bilan hydrique (précipitations – évapotranspiration potentielle) pour la vigilance climatique**. En complément, **un indice topographique** calculé sur des données de distances, dénivelés, pentes à partir d'un modèle numérique de terrain est **ajouté pour la vigilance stationnelle**, en considérant que la topographie locale traduit, indirectement et partiellement, les effets relatifs de la station (accumulation ou perte d'eau et d'éléments fins du sol).



Principes de prise en compte de la topographie dans les cartes de vigilance climatique relative

Pour une couche géographique donnée, les cartes sont restituées selon un gradient de vigilance relative du minimum (en vert) au maximum (en rouge). Ce gradient de vigilance est recalculé pour chaque carte, selon le périmètre considéré. Il est par conséquent propre à chaque carte et, pour une zone donnée, propre à chaque échelle de restitution. Il importe de souligner le caractère relatif du gradient : **le maximum ou le minimum de vigilance restitué sur une carte ne peut en aucun cas être comparé à ceux d'une autre carte.**



Cartes de vigilance climatique relative (VCR) et de vigilance stationnelle relative (VSR) pour la montagne Sainte-Victoire

À titre d'exemples de restitution, l'annexe 3 fournit les cartes de vigilance climatique relative pour les sylvo-écorégions de la Région Provence Alpes côte d'Azur.

Un outil de production automatisé des cartes de vigilance relative, qui peut être installé sur chaque poste informatique, a été mis au point par le pôle RDI. Celui-ci peut être contacté via les chargés de sylviculture des agences pour fournir le mode opératoire et, plus globalement, pour répondre aux questions des gestionnaires quant à l'interprétation des cartes de vigilance relative.

Portée et limite

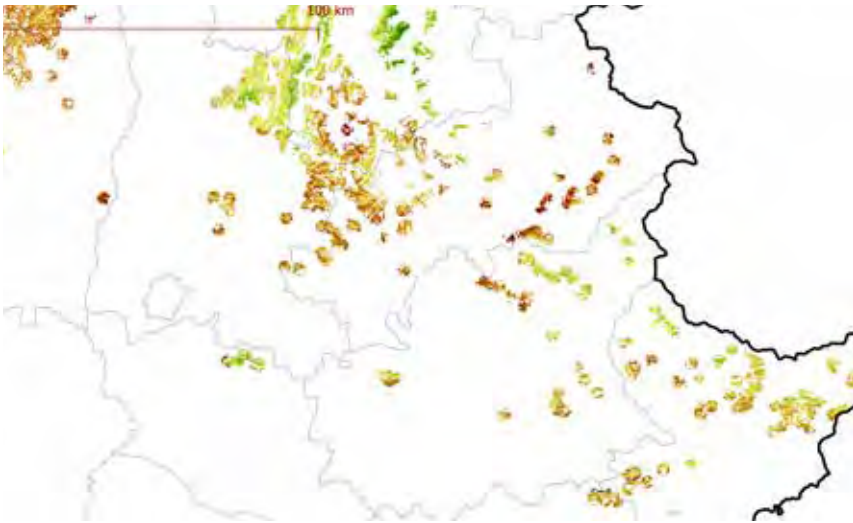
Les cartes de vigilance relative ont pour intérêt d'**identifier des zones de vulnérabilité à différentes échelles**. Elles ne cherchent pas à indiquer où et quand se produiront des dépérissements, ce qui apparaît impossible compte tenu des incertitudes liées aux évolutions de climat et à leurs conséquences, mais où d'abord peuvent survenir des dépérissements. Elles ouvrent ainsi en perspective plusieurs actions pour adapter la gestion :

- mener une **surveillance sanitaire particulière** ;
- mettre en œuvre une **sylviculture préventive** (voir partie 2, chapitre II) ;
- anticiper les évolutions dans le choix des essences objectifs et **repérer des secteurs pour l'introduction d'essences ou provenances** (voir partie 5).

Les cartes de vigilance relative n'ont pas non plus vocation à être utilisées seules car d'autres facteurs peuvent influencer la vulnérabilité potentielle d'une essence dans un espace donné : la géologie, le sol, les caractéristiques du peuplement (surface terrière, âge, densité), son passé sylvicole, son état sanitaire qui peut être lié à la présence d'agents biotiques (champignons, ravageurs...). Il est donc essentiel de compléter le diagnostic avec ces éléments sur la base d'une analyse de terrain conjointement à l'analyse des cartes de vigilance relative. Celles-ci sont alors à considérer comme un **outil d'aide à la décision**, à accompagner par des analyses qui permettront de confirmer ou ajuster les résultats issus des cartes.

Recommandations d'utilisation

À large échelle (UT, agence voire région), les cartes permettent de comparer entre eux les peuplements d'une essence considérée sur sa zone de présence. Pour cela, les cartes de vigilance climatique relative sont privilégiées car les modulations de la topographie locale ne sont pas perceptibles à cette échelle. Les résultats permettent au gestionnaire, d'une part, de constater la situation de vigilance relative des peuplements qu'il gère et, d'autre part, d'identifier des forêts comportant la même essence et situées dans des conditions climatiques plus sévères. Celui-ci peut ainsi s'enquérir de l'état de ces peuplements auprès des autres gestionnaires : les cartes invitent à un travail en réseau grâce à la valeur géographique relative des résultats.



*Carte de vigilance climatique relative sur la zone de présence du sapin pectiné
(identifiée en tant qu'essence prépondérante par l'IGN) en PACA*

À l'échelle d'une forêt (de l'ordre de 100 à 1 000 ha), la recommandation est de s'appuyer plutôt sur les cartes de vigilance stationnelle relative où les effets de la topographie locale sont perceptibles. On peut considérer l'ensemble des essences, ou bien une essence donnée. Les résultats toutes essences sont en principe cohérents avec leur répartition actuelle sur la forêt, qui résulte de la sélection naturelle (adéquation entre conditions stationnelles et autécologie) comme de l'historique de gestion forestière. Ils peuvent le cas échéant aider à **détecter des zones de vulnérabilités dans cette répartition comparée des essences**, issues par exemple de choix dans la gestion passée d'implanter ou favoriser une essence au détriment d'une autre.

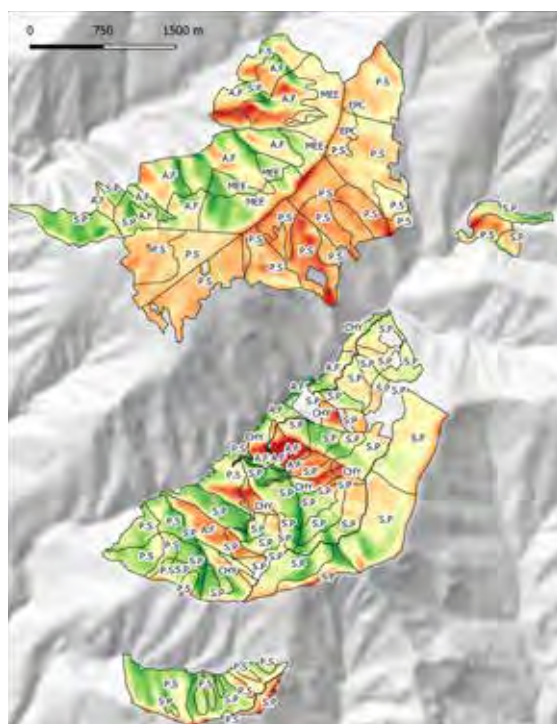


Illustration en forêt communale de Clans (06) : le gradient de vigilance est cohérent avec la répartition des essences sur la forêt P.S (Pin sylvestre) plutôt en versants exposés au Sud, teintes orangées à rouge ; MEE (Mélèze d'Europe) et S.P (Sapin pectiné) plutôt sur des situations inverses du P.S ; CHY (Chêne pubescent) et A.F (Autres feuillus) souvent exposés au Sud. Vallons plus propices au Sapin, généralement absent en crêtes.

Calculée sur la carte de présence d'une essence dans la forêt, la carte de vigilance stationnelle relative contribue à identifier **les secteurs de plus forte vulnérabilité pour cette essence**. Elle doit être complétée par une analyse du sol (calcul de la réserve utile en eau) pour un diagnostic pertinent.

Afin de s'assurer d'une utilisation cohérente et harmonisée et pour guider le gestionnaire de terrain dans les étapes de cette démarche qui peut apparaître nouvelle, la stratégie d'adaptation des forêts au changement climatique de la Direction territoriale Midi-Méditerranée intègre une action de déploiement de l'outil de production de ces cartes accompagnée de périmètres d'utilisation selon les métiers (EAM, SAM). **L'accompagnement technique pour s'approprier ces outils constitue un facteur important de réussite.**

I b - Autres travaux, clefs et facteurs de détermination du risque

L'outil Bioclimsol

Bioclimsol est un outil développé par le Centre national de la propriété forestière (CNPF, institut du développement forestier), en application du projet Life Forecast (CNPF, PNR Haut Languedoc, Alliance Forêts Bois). Il fournit un indice de vigilance ou de vulnérabilité qui traduit une probabilité d'observer un dépérissement sur un site donné.

Trois types de données d'entrée alimentent le calcul de l'indice : des données climatiques présentes et futures, des données stationnelles (réserve utile en eau, richesse chimique, pH, hydromorphie, topographie), des données liées au peuplement (essence en place, état sanitaire, âge, surface terrière). Les données sur la station et le peuplement sont à expertiser et collecter sur le terrain avant d'être saisies dans l'outil.

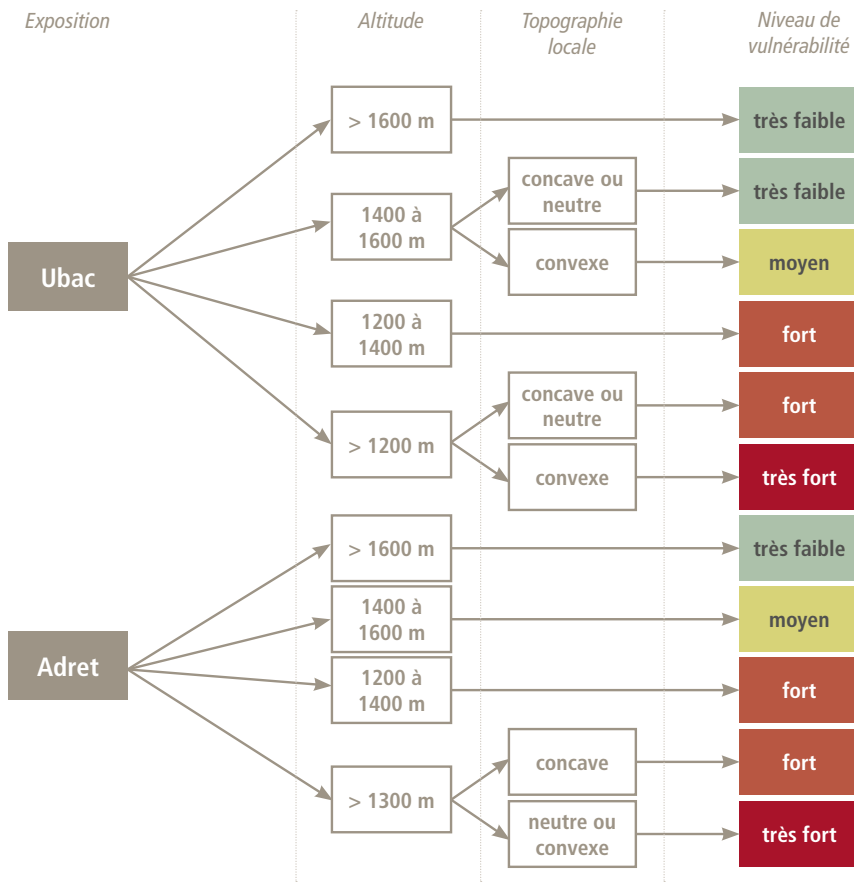
L'indice est calculé par l'intermédiaire d'équations qui établissent des corrélations entre les facteurs pédoclimatiques d'un site et les taux de dépérissement observés dans la région pour l'essence étudiée. Actuellement, l'indice est élaboré pour 10 essences à l'échelle nationale : chêne pédonculé, sessile, pubescent, vert, liège, châtaignier, hêtre, pin sylvestre, sapin pectiné, épicéa commun, douglas. A noter que l'outil Bioclimsol contient un module complémentaire dont l'objectif est d'aider à choisir les essences potentiellement utilisables pour le renouvellement sur la parcelle.

Il est nécessaire de suivre les formations spécifiquement proposées avant l'utilisation de l'outil.

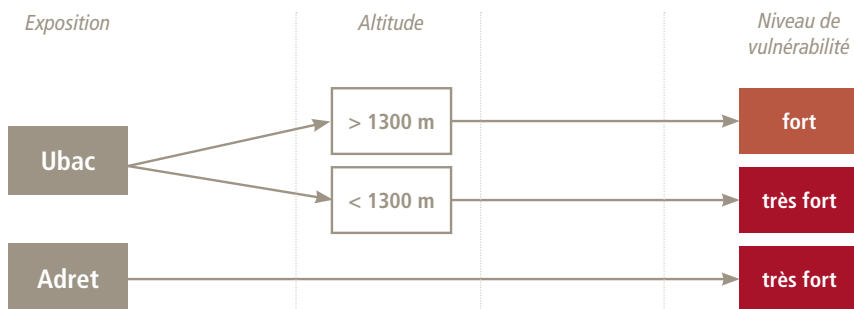
Évaluation du risque pour le sapin pectiné et le pin sylvestre

À la fin des années 1990, l'autécologie du Sapin pectiné en région a fait l'objet d'une étude qui a mis en évidence des risques de dépérissement à basse altitude (référence : les sapinières en région PACA : typologie des stations forestières, extension potentielle, D Nouals, 2000). Suite aux dépérissements massifs sur le sapin pectiné et le pin sylvestre qui ont suivi la sécheresse de 2003, un observatoire des dépérissements a été mis en place sur le département des Alpes-Maritimes entre 2008 et 2014, financé par le Conseil départemental. Le suivi annuel de placettes permanentes et des cartographies périodiques de la mortalité a permis d'étudier la répartition des dépérissements. Par extrapolation, des clefs de détermination ont été établies afin d'estimer le niveau de vulnérabilité. Ce niveau est apprécié selon une note qualitative, sans quantification possible en termes de mortalité, de perte de production ou d'échéance de survenue de dépérissements à venir.

Les clefs pour le sapin pectiné sont considérées comme fiables, en raison d'une bonne corrélation entre vulnérabilité et station pour cette essence. Elles sont différenciées selon les sylvo-écorégions : une clef pour les Alpes internes et les Alpes intermédiaires, une autre pour les Préalpes du sud et les Alpes externes.



Clef de détermination de la vulnérabilité du sapin pour les sylvo-écorégions des Alpes internes et des Alpes intermédiaires (voir annexe 3 pour des précisions sur les sylvo-écorégions)



Clef de détermination de la vulnérabilité du sapin pour les sylvo-écorégions des Préalpes du sud et des Alpes externes (voir annexe 3 pour des précisions sur les sylvo-écorégions)

Les clefs pour **le pin sylvestre** ne se sont pas avérées suffisamment fiables pour être reprises dans ce guide. En effet pour cette essence, **des dépérissements importants peuvent également être observés dans des contextes pédoclimatiques ou stationnels apparemment favorables**. Une explication à ces résultats en apparence contre-intuitifs semble résider dans l'historique de constitution des peuplements de pin sylvestre (essence pionnière ayant colonisé de façon privilégiée des espaces issus de la déprise pastorale), dont certains s'avèrent au final plus ou moins inadaptés lorsqu'ils avancent dans les stades de maturité.

Dans ces conditions, on s'attache à repérer les situations de vulnérabilité forte à partir de l'analyse de l'historique des dépérissements et en fonction des sylvo-écorégions.

La vulnérabilité est considérée comme forte si le peuplement (ou un peuplement voisin dans un contexte comparable) **a connu par le passé un dépérissement affectant au moins 20 % de la surface terrière totale**. Il s'agit de la valeur seuil utilisée pour l'entrée en situation de crise sanitaire d'après le guide national de gestion des crises sanitaires en forêt (référence 9200_11_GUI_CRI_003_vB). **Pour les Préalpes du sud et les Alpes externes**, où la vulnérabilité du pin sylvestre apparaît encore supérieure, la seule indication d'un dépérissement passé du peuplement (ou d'un peuplement voisin dans un contexte comparable) suffit pour qualifier la vulnérabilité de forte, **sans condition de surface terrière**.

Remarque : dans le contexte régional de peuplements en retard d'éclaircie et à capital supérieur à ce que préconisent les guides de sylvicultures, **les tiges dépérissantes correspondant au surcapital (en référence au capital objectif) sont retirées du décompte pour le calcul du seuil de vulnérabilité forte**. A noter que cette exclusion du surcapital n'est utilisée que pour évaluer la vulnérabilité d'un peuplement. Elle n'est en revanche pas retenue pour évaluer le besoin de déclencher une récolte en phase de dépérissement (voir partie 4).

Évaluation de la vulnérabilité pour le pin noir d'Autriche, le chêne pubescent et le hêtre

Pour le pin noir d'Autriche, le chêne pubescent et le hêtre, le risque de dépérissement est évalué à partir des cartes de vigilance relative qui sont complétées à chaque fois par une analyse de la station sur le terrain, afin de préciser les conditions de croissance locales et leur influence sur l'état sanitaire du peuplement.

En complément, la vulnérabilité est évaluée à partir de **l'analyse de l'historique des dépérissements**. La vulnérabilité est considérée comme forte si le peuplement (ou un peuplement voisin dans un contexte comparable) a connu par le passé un dépérissement affectant au moins 20 % de la surface terrière totale. Comme dans le cas du pin sylvestre, si le peuplement est surcapitalisé, les tiges dépérissantes correspondant au surcapital sont retirées du décompte pour le calcul du seuil de vulnérabilité.

La présence du gui sur les résineux, facteur supplémentaire de vulnérabilité

Le gui, parasite qui se fixe sur un arbre hôte dont il absorbe la sève à travers des suçoirs, est important à prendre en compte car il agit comme facteur de vulnérabilité supplémentaire. D'une part, il limite la vitalité de l'arbre en réduisant la quantité de feuilles ou d'aiguilles. D'autre part, il accentue les effets des sécheresses en s'alimentant aux dépens de l'arbre parasité. La présence de gui aggrave donc le déficit hydrique et contribue au risque de dépérissement. Des études ont établi une corrélation positive entre la présence du gui et la vulnérabilité d'un peuplement (Etude Sylforclim, Aforce, 2018 ; outil Bioclimsol, CNPF). **Le niveau de vulnérabilité peut être considéré comme fort lorsque le taux de recouvrement du gui dans l'ensemble des houppiers du peuplement dépasse le seuil de 25 %**.

La présence du gui entraîne en outre une **dépréciation de la valeur du bois** (changement de structure de la zone attaquée, vides laissées par les zones occupées par les suçoirs) dont il importe de tenir compte dans les décisions d'intervention.

II - SYLVICULTURE PRÉVENTIVE

Les recommandations de ce chapitre s'appliquent aux zones identifiées comme vulnérables d'après les éléments précédents, et elles concernent des peuplements sains ou dont les symptômes ne sont pas assez significatifs pour les qualifier de dépérissants. Les cas de dépérissement avéré relèvent des parties 3 et 4 sur le diagnostic et la gestion du prélèvement.

Les essences concernées au titre de leur vulnérabilité sont le sapin pectiné, le pin sylvestre, le pin noir d'Autriche, le chêne pubescent, auxquelles s'ajoute le hêtre au vu de sa sensibilité connue aux sécheresses et de la dégradation globale de son état sanitaire sur la Région (même si les peuplements correspondants ne font pas actuellement l'objet de dépérissements massifs).

II a - Rattraper les retards d'éclaircies

Le contexte sylvicole méditerranéen est régulièrement caractérisé par des produits de valeur commerciale modérée, des conditions d'exploitabilité et de mobilisation difficiles et jusqu'à récemment par une demande peu soutenue en bois énergie. Il en résulte **des situations de retards d'éclaircie**, notamment dans des futaies denses de pin sylvestre et de hêtre, et dans une moindre mesure en pineraie noire et sapinière. L'évolution favorable du marché du bois au cours de la dernière décennie, ainsi que la politique volontariste de l'Etat et de la Région, qui cherchent des solutions pour financer les travaux sylvicoles, permettent d'envisager la réalisation de nombre de ces opérations dans un **contexte économique rendu viable**.

Outre la prévention du risque incendie, la raison est sylvicole autant que sanitaire. En effet, non seulement les situations de retard d'éclaircie sont préjudiciables à l'atteinte des objectifs de production du peuplement, mais elles aggravent aussi sa sensibilité à la sécheresse. Les peuplements de futaie dense correspondant à ces situations ont généralement un indice foliaire élevé, et l'éclaircie est le seul moyen de l'abaisser progressivement pour permettre d'améliorer leur bilan hydrique. De plus, le risque de stimuler le développement de la strate inférieure dans ces situations de peuplements à forte densité est limité, et l'intervention doit en fin de compte bénéficier au bilan hydrique de la strate arborée (moindre transpiration et interception).

Le rattrapage du retard d'éclaircie en futaie évite les opérations brutales pour ne pas engendrer d'effets indésirables (déstabilisation du peuplement notamment) et tient compte d'une moindre réactivité des arbres en raison de houppiers étriés. Il s'effectue préférentiellement par coupes successives. Pour cela, **le rattrapage du référentiel se fait en deux fois si le prélèvement nécessaire est supérieur à 30 % de la surface terrière du peuplement ; il s'effectue sinon en une fois**.

Les situations de retard dans les coupes de taillis de chêne pubescent, dont l'état sanitaire global apparaît significativement dégradé à l'échelle régionale, sont également préjudiciables pour les mêmes raisons. En effet, la mortalité des souches après coupe ressort comme supérieure pour les taillis âgés de cette essence (rendez-vous technique n°44, ONF, pp 9 – 16, Jean Ladier et al, 2014). Un vieillissement conduit alors à cumuler un facteur sylvicole avec d'autres facteurs qui les prédisposent déjà au dépérissement. C'est pourquoi il importe que les coupes de taillis de chêne pubescent interviennent sans dépassement de la durée de rotation en référence au guide de sylviculture :

- rotation de 50 ans pour les classes de fertilité 1 et 2
- rotation de 40 ans pour la classe de fertilité 3.

En cas de dépassement, une coupe de taillis dite de rattrapage du vieillissement est réalisée.

Par ailleurs, la pertinence de la pérennité du traitement en taillis pour cette essence vulnérable peut être questionnée étant donné le vieillissement et la perte de vitalité des souches d'une rotation sur l'autre. Des précisions sont fournies à la partie 4, chapitre II d.

II b - Dynamiser la sylviculture, jusqu'à un certain point

Dynamiser sans brutaliser le peuplement ni abaisser démesurément les critères d'exploitabilité

De façon générale, le régime d'éclaircie tend à améliorer le bilan hydrique du peuplement grâce à une réduction de l'indice foliaire. Son effet est temporaire, avant retour de l'indice foliaire à un niveau comparable à sa valeur initiale. L'objectif est que le peuplement soit toujours légèrement entrouvert, tout en évitant le développement de la strate inférieure à cause d'un couvert trop discontinu.

Ainsi, le développement de la strate arbustive au-delà d'un certain degré d'ouverture du peuplement peut s'avérer un facteur limitant à la dynamisation de la sylviculture. Un peuplement trop ouvert ou des éclaircies trop fortes augmentent la chaleur et la lumière que reçoivent la végétation en sous-étage et le sol, ce qui conduit à accroître leur transpiration (demande évaporative), en défaveur finalement du bilan hydrique de la strate arborée. A ce propos, des expérimentations ont testé l'hypothèse d'une sylviculture à très basse densité sur le sapin pectiné en zone méditerranéenne, avec une densité deux fois inférieure à celle du témoin local représentatif du référentiel sylvicole (étude Redsurf, réseau Aforce, coordination ONF et INRAE, 2018). Le peuplement ainsi mené n'a pas connu d'amélioration de son état sanitaire, plutôt même une augmentation de son déficit foliaire, par rapport au témoin.

En résumé, il importe de mettre en œuvre des itinéraires sylvicoles dynamiques conformément à ceux retenus dans le guide des sylvicultures de montagne des Alpes du Sud. En complément dans les situations évaluées à forte vulnérabilité et pour lesquelles l'acquisition d'une régénération en autre(s) essence(s) objectif(s) adaptée(s) apparaît possible, les diamètres d'exploitabilité peuvent être réduits dans une limite ne dépassant pas les critères minimaux des Directives et schémas régionaux d'aménagement.

Possibilités d'abaissement des diamètres d'exploitabilité optimaux des DRA – SRA (secteurs montagnes alpines et Préalpes du sud) en situation de vulnérabilité avérée

Etage	Exposition	Niveau de potentialité	Essence objectif	Diamètres d'exploitabilité optimaux des DRA - SRA	Diamètres d'exploitabilité minimaux des DRA SRA
Montagnard moyen ou supérieur	Adret	Fort	Pin sylvestre	35 – 45 cm	35 cm
			Pin noir d'Autriche	35 – 45 cm	30 cm
			Hêtre	40 – 45 cm	30 cm
		Moyen	Pin sylvestre	40 – 45 cm	35 cm
			Pin noir d'Autriche	35 – 40 cm	25 cm
			Hêtre	35 – 40 cm	30 cm
	Faible	Pin sylvestre	25 - 35 cm	20 cm	
		Hêtre	25 – 35 cm	25 cm	
	Ubac	Fort	Sapin pectiné	45 - 50 cm	40 cm
			Pin sylvestre	40 – 45 cm	35 cm
			Hêtre	40 – 45 cm	35 cm
		Moyen	Sapin pectiné	45 – 50 cm	35 – 40 cm
			Pin sylvestre	40 – 45 cm	35 cm
			Hêtre	30 – 40 cm	25 – 30 cm
	Faible	Pin sylvestre	20 – 35 cm	15 – 20 cm	
		Pin noir d'Autriche	25 – 35 cm	20 cm	
Hêtre		30 – 35 cm	25 cm		
Montagnard inférieur	Adret	Fort	Pin sylvestre	40 – 45 cm	35 cm
			Pin noir d'Autriche	40 – 45 cm	35 cm
			Hêtre	40 – 45 cm	25 – 30 cm
		Moyen	Pin sylvestre	35 - 40 cm	30 cm
			Pin noir d'Autriche	35 - 40 cm	25 - 30 cm
			Hêtre	35 - 40 cm	25 cm
	Faible	Pin sylvestre	20 – 35 cm	15 cm	
		Pin noir d'Autriche	25 – 35 cm	20 cm	
		Hêtre	25 – 35 cm	20 cm	
	Ubac	Fort	Sapin pectiné	45 – 55 cm	40 – 45 cm
			Pin sylvestre	45 – 50 cm	35 cm
			Pin noir d'Autriche	40 – 45 cm	35 cm
Moyen		Hêtre	40 – 45 cm	35 cm	
		Sapin pectiné	40 – 45 cm	35 cm	
		Pin sylvestre	40 – 45 cm	30 cm	
Faible	Pin noir d'Autriche	40 cm	35 cm		
	Hêtre	35 – 40 cm	30 cm		
	Pin sylvestre	30 – 40 cm	20 cm		
Supra méditerranéen	Adret	Fort	Pin sylvestre	40 – 45 cm	30 cm
			Pin noir d'Autriche	40 – 45 cm	30 cm
		Moyen	Pin sylvestre	35 – 40 cm	30 cm
	Faible	Pin noir d'Autriche	30 – 40 cm	25 cm	
		Pin sylvestre	25 – 30 cm	20 cm	
		Pin noir d'Autriche	25 - 35 cm	20 cm	
	Ubac	Fort	Pin noir d'Autriche	40 – 45 cm	35 cm
			Pin sylvestre	30 – 45 cm	25 cm
		Moyen	Pin noir d'Autriche	35 – 40 cm	30 cm
Faible	Pin sylvestre	25 – 30 cm	20 cm		
	Pin noir d'Autriche	25 – 30 cm	20 cm		

Conserver des îlots de vieux bois

La dynamisation des sylvicultures peut conduire à une diminution des stades âgés favorables à l'installation de cortèges floristiques et faunistiques qui leur sont inféodés. Certaines espèces de ces cortèges ont par ailleurs un rôle favorable dans la lutte contre le développement de ravageurs qui peuvent être favorisés par le changement climatique (exemple du rôle de prédation des chiroptères dans le développement de la chenille processionnaire du pin). Il convient donc parallèlement à la conduite d'une sylviculture dynamique, de **veiller à l'application des dispositions sur les îlots de vieux bois, les arbres morts, sénescents ou à cavités** (référence : instruction 18-T-97 sur la conservation de la biodiversité dans la gestion courante des forêts publiques).



Illustration d'arbres conservés à des fins biologiques. Photo : ONF

Maîtriser les autres facteurs de risque

De façon préventive, l'objectif est de ne pas cumuler d'autres facteurs de stress pour le peuplement. Pour cela, une attention particulière est apportée à plusieurs niveaux :

- **le maintien ou la restauration de l'équilibre forêt-gibier** en contrôlant les populations de grands ongulés sauvages via des niveaux de plans de chasse adaptés et sectorisés et des taux de réalisation élevés,
- **l'impact potentiel des exploitations sur le tassement des sols** qui tend à diminuer le réservoir utile en eau ainsi que le développement racinaire et par la même la capacité d'approvisionnement en eau,
- l'organisation des chantiers d'exploitation pour éviter les attaques d'agents pathogènes (scolytes, sténographes...). En particulier, **la durée de stockage des bois sur site doit être inférieure à 30 jours sur la période de mai à octobre,**
- **le risque incendie qui peut être accru par la présence de bois mort sur pied et au sol dans les peuplements dépérissants**, ce qui influe sur les modalités de prélèvement en phase de dépérissement (voir partie 4, chapitres I et III b),
- **le respect des clauses techniques des concessions de pâture**, en particulier la mise en défens des surfaces associées à un objectif d'acquisition de la régénération.

II c - Régénérer en priorité naturellement et diversifier, en favorisant le mélange

Lorsque le niveau de vulnérabilité est fort, la capacité de l'essence en place à se maintenir comme essence objectif est remise en cause. Le peuplement est alors géré en recherchant progressivement une ou des autre(s) essence(s) objectif(s), tout en continuant de miser sur la gestion du peuplement existant.

Le renouvellement des peuplements diagnostiqués comme vulnérables est prioritairement recherché par régénération naturelle en essences objectifs adaptées. L'acquisition de la régénération naturelle vise à chaque fois que possible le mélange d'essences, avec :

- le maintien de semenciers d'essences diversifiées lors de la désignation de la coupe d'ensemencement,
- l'adaptation des modalités de coupes de régénération pour favoriser lorsque c'est possible la régénération sous abris de semis d'autres essences objectifs : exemple du chêne vert et du pin d'Alep sous pin noir ou pin sylvestre à l'étage supra méditerranéen,
- des travaux de nettoyage pour le dosage des essences d'accompagnement.

La priorité à la régénération naturelle va de pair avec l'objectif de diversifier le peuplement en autres essences ou provenances. La partie 5 (chapitres I et II) précise les modalités d'intervention en termes des peuplements vulnérables.



*Peuplement de pin noir sans éclaircie et vulnérable (sensibilité aux attaques de *Diplodia pinea*). Photo : ONF, L Micas*

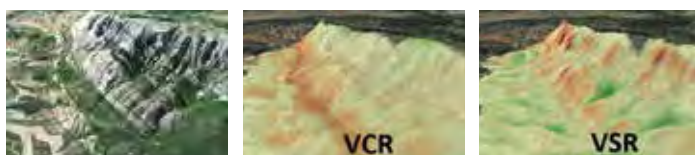
L'ESSENTIEL

DIAGNOSTIQUER EN AMONT LES SITUATIONS DE VULNÉRABILITÉ

L'utilisation des catalogues de station, lorsqu'ils existent, constitue l'approche la plus adaptée pour évaluer le réservoir en eau du sol et la vulnérabilité des peuplements. A défaut ou si les informations sont insuffisantes, l'utilisation des outils de ce chapitre permettent une évaluation des secteurs ou situations de vulnérabilité avant de les affiner par une analyse sur le terrain.

Les cartes de vigilance relative

- Un outil développé par le pôle RDI : valorisation des données climatiques actuelles en considérant que les plus fortes contraintes climatiques futures s'appliqueront là où les contraintes actuelles de sécheresse sont les plus fortes.
- Une restitution cartographique d'après un gradient de vigilance relative du plus favorable au plus défavorable : la carte de vigilance stationnelle relative intègre, en complément des données climatiques, les données topographiques locales.



- Limite : pas de vocation prédictive ; besoin de compléter avec d'autres facteurs : géologie, sol, état sanitaire, caractéristiques et passé sylvicoles.
- Portée : identifier des zones potentielles de vulnérabilité ; organiser dans l'espace le suivi de l'état sanitaire ; anticiper une évolution dans le choix des essences-objectifs.
- Utilisation et interprétation : outil de calcul automatisé des cartes ; utilisation recommandée sur la zone de présence d'une essence.



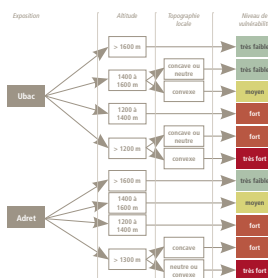
Vue sur une pineraie sylvestre dépérissante. Photo : DSF, JB Daubrée

MENER UNE SYLVICULTURE PRÉVENTIVE

Des clefs et facteurs de détermination du risque par essence

- Pour le sapin pectiné (bonne corrélation entre vulnérabilité et station), des clefs de détermination du niveau de risque par sylo écorégion.

Clef pour les Alpes internes et intermédiaires : autres clefs au chapitre I B



- Pour le pin sylvestre, le pin noir d'Autriche et le chêne pubescent (moins bonne corrélation) : analyser l'historique des dépérissements en complément des cartes de vigilance relative. En cas de dépérissement à proximité pour lequel la surface terrière cumulée a dépassé 20 % de la surface terrière totale, la vulnérabilité du peuplement est considérée comme forte.

- Le gui, facteur supplémentaire de vulnérabilité : un risque fort lorsque le taux de recouvrement du gui dans l'ensemble des houppiers du peuplement dépasse 25 %.

Rattraper les retards d'éclaircies

- Le contexte méditerranéen était caractérisé jusqu'à il y a peu par une demande peu soutenue en bois énergie. Il en résulte des situations de retards d'éclaircie, notamment dans des futaies denses de pin sylvestre et de hêtre, et dans une moindre mesure sur pineraie noire et sapinière. Le besoin de rattrapage se justifie pour une raison sanitaire au tant que sylvicole ou DFCI.
- Le rattrapage du retard d'éclaircies évite les opérations brutales pour ne pas engendrer d'effets indésirables. La norme du guide de sylviculture est rattrapée en une fois si le prélèvement nécessaire est inférieur à 30 % de la surface terrière du peuplement, en deux fois s'il est supérieur.

Dynamiser la sylviculture jusqu'à un certain point

- Pour optimiser le bilan hydrique, l'objectif est de maintenir le peuplement toujours légèrement entrouvert tout en évitant le développement de la strate inférieure par l'apparition d'un couvert trop discontinu. Il s'agit de dynamiser sans brutaliser, et sans abaisser démesurément les critères d'exploitabilité.
- Dans les situations à forte vulnérabilité et pour lesquelles l'acquisition d'une régénération en autre essence objectif viable apparaît possible (par voie naturelle ou plantation), les diamètres d'exploitabilité peuvent être réduits dans une limite ne descendant pas en dessous des valeurs minimales des DRA – SRA.

Voir tables de valeur au chapitre II b



Photo : ONF, J Ladier



PARTIE 3

**EN PHASE DE DÉPÉRISSEMENT :
MIEUX DIAGNOSTIQUER
POUR MIEUX DÉCIDER**

I - OUTILS DE DIAGNOSTIC

Un outil principal et un outil complémentaire pour affiner

Deux outils ont été développés pour diagnostiquer l'état sanitaire et évaluer les situations de dépérissements sur des bases objectives : « Dépéris » et « Archi ». Ces méthodes apparaissent complémentaires, avec des perspectives d'utilisation différenciées pour le gestionnaire.

Associé à un protocole d'évaluation reposant sur des **critères symptomatologiques de perte de vitalité** (mortalités des branches, manque de ramification ou aiguilles), l'outil **Dépéris** développé par le Ministère de l'agriculture est une méthode de notation simplifiée de l'aspect du houppier, mise en œuvre de façon harmonisée par les personnels œuvrant pour le compte du DSF au niveau national. Il aboutit à un diagnostic assez rapide à l'échelle du peuplement ou du massif. **En permettant une mise en œuvre opérationnelle et reproductible pour des comparaisons aisées entre opérateurs, il apparaît comme le premier outil adapté à la gestion courante.** Son protocole est décrit ci-après au chapitre II.

L'outil Archi développé par le CNPF fournit un **diagnostic d'avenir à l'échelle de l'arbre sur la base d'une lecture de son architecture et de son évolution.** Il permet d'approfondir le diagnostic en situant l'arbre dans la dynamique de dépérissement à partir de sa capacité de résilience passée, grâce à l'observation de la formation de suppléants en réaction à un stress, et en fournissant un pronostic sur son évolution et statut d'avenir. En faisant appel à des notions spécialisées sur la lecture physiologique de l'architecture d'un houppier et en proposant une approche intégrative dont la mise en œuvre requiert **un niveau d'expertise et d'opérationnalité différent**, il apparaît comme **un outil en deuxième approche pour affiner et se spécialiser.** Sa pratique nécessite d'avoir suivi la formation préalable dispensée par le CNPF, qui s'avère indispensable pour un déploiement cohérent et reproductible entre observateurs. Les clefs de diagnostic pour le sapin pectiné, le pin sylvestre, le pin noir et le chêne pubescent sont restituées à l'annexe 4, mais **elles ne sauraient être utilisées pour une mise en œuvre du protocole sur la base de leur seule lecture.**

À noter enfin que dans les deux cas, ces méthodes n'ont pas de valeur prédictive certaine, l'évolution des dépérissements étant souvent associée à des mécanismes complexes, multifactoriels et soumise à des aléas.



*Illustration de la capacité de reconstitution du houppier d'un chêne pubescent par formation de suppléants orthotropes.
Photo : CNPF*

La nécessité de se former

La formation du gestionnaire à l'utilisation de ces outils est essentielle pour un usage approprié. Par ailleurs, la variabilité liée à l'observateur peut être importante, ce qui soulève également le besoin d'étalonnage régulier via la formation, l'animation technique ou la diffusion de références. L'enjeu pour les gestionnaires de terrain consiste à parler le même langage, échanger de façon cohérente et harmonisée et être en mesure de comparer avec d'autres situations de dépérissements.

Concernant l'outil Dépéris recommandé pour évaluer le dépérissement d'un peuplement, **il est important de solliciter le DSF pour l'organisation de sessions de formation et d'intercalibration**. Au besoin, le gestionnaire pourra aussi contacter le correspondant-observateur du DSF pour approfondir le diagnostic d'une situation et éclairer les décisions de gestion.

II - LE PROTOCOLE « DÉPÉRIS »

Principe

La notation simplifiée de l'aspect du houppier est décrite à l'aide de deux critères :

- 1) **la mortalité de branches (MB),**
- 2) **le manque de ramification (MR) pour les feuillus ou le manque d'aiguilles (MA) pour les résineux.**

Les critères retenus permettent une évaluation des dépérissements toute l'année.

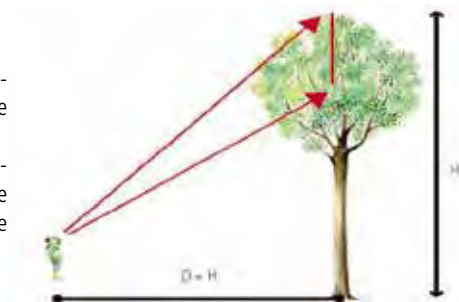
A chaque critère est attribuée une note qualitative de 0 à 5. **Le croisement des deux notes aboutit à une notation globale de l'aspect du houppier qui va de A à F et permet de diagnostiquer la situation de dépérissement et de comparer de ce point de vue les arbres ou populations d'arbres.**

La mise en œuvre du protocole s'appuie sur les recommandations du DSF (forêt entreprise n°246, mai – juin 2019, pp 41 – 46) et du guide de gestion des forêts en crise sanitaire (référence 9200-11-GUI-CRI-003_vB). Elle peut se faire à l'aide du logiciel Sylvie, dont l'utilisation présente l'intérêt supplémentaire de connaître les caractéristiques dendrométriques du peuplement et de préciser les consignes d'intervention conformément aux préconisations de la clef de la partie 4.

Règles d'évaluation

Les arbres notés font partie de l'étage dominant ou co-dominant de façon à éliminer tout facteur qui serait davantage lié à la concurrence qu'au processus de dépérissement.

Les arbres-échantillons doivent être observés depuis plusieurs points d'observation, si possible en vision latérale depuis une distance équivalente à la hauteur totale de l'arbre.



Conditions optimales d'observation

En peuplement dense, les conditions optimales d'observation sont rarement rencontrées. Dans ce cas, il faut s'efforcer d'effectuer des observations de parties du houppier depuis plusieurs emplacements de façon à cumuler un maximum d'observations.

L'utilisation de jumelles est en général utile pour affiner les observations, en particulier pour apprécier la mortalité de rameaux en dehors de la saison de végétation ou pour dénombrer le nombre d'années d'aiguilles chez les résineux.

Première étape : définition du houppier notable

La notation est effectuée dans le houppier notable c'est à dire dans la partie supérieure du houppier de façon à faire abstraction des branches basses dont l'aspect est altéré par la sénescence, le manque de lumière et la concurrence de branches ou tiges voisines.



Illustration de houppiers notables (en vert) et non notables (en gris). Source DSF

Deuxième étape : notation de chaque critère

La note de mortalité de branches MB est attribuée en premier. La mortalité de branches est une appréciation absolue à l'échelle du houppier notable. Si une cause biotique évidente explique une partie de cette mortalité, cette part est incluse dans la note MB. La ramification morte n'est comptée qu'une fois dans la note MB et n'est pas prise en compte une deuxième fois.

Le manque de ramifications (feuillus) ou d'aiguilles (résineux) est ensuite noté sur le reste du houppier notable.

- Pour les feuillus, le manque de ramification MR cumule le manque lié à des lacunes (fenêtre, échancrure) dans le houppier notable et le manque de ramification lié à des phénomènes physiologiques (croissance en longueur, architecture...). Il s'agit, après déduction des mortalités de branches, d'évaluer l'aspect transparent (échancrures, fenêtres, lacunes) du houppier par rapport à une référence d'arbre sain et vigoureux de la même essence.
- Pour les résineux, le manque d'aiguilles MA cumule le manque lié à des lacunes de ramifications (fenêtre, échancrure) dans le houppier notable et le manque d'aiguilles lié à des phénomènes physiologiques (croissance en longueur trop faible, architecture...). Lorsque les aiguilles sont absentes, totalement ou partiellement, en raison d'un aléa conjoncturel d'occurrence annuelle, climatique (gel printanier, canicule estivale...) ou biotique (attaque de chenilles défoliatrices ou de champignons foliaires), ce manque d'aiguille est inclus dans la note MA mais doit être explicité par ailleurs. Il s'agit, après déduction des mortalités de branches, d'évaluer le manque d'aiguilles par rapport à la référence d'un arbre sain et vigoureux de la même essence.

Définition des niveaux d'intensité pour la notation de la mortalité des branches et du manque de ramification ou d'aiguilles.

Note	Intensité	% indicatif
0	Nulle à très faible	0 à 5
1	Faible	6 à 25
2	Modérée	26 à 50
3	Importante	51 à 75
4	Très importante	76 à 95
5	Toutes la partie notée	96 à 100

Troisième étape : notation globale du dépérissement

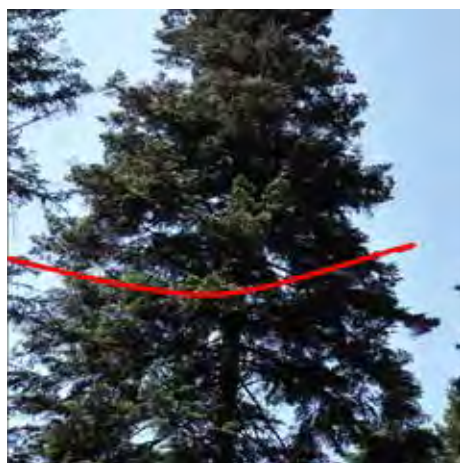
Une note globale synthétique est calculée à partir des deux notes MB et MA ou MR.

Grille de croisement des critères pour le calcul de la note synthétique

		Manque de Ramification (feuillus) Manque d'Aiguilles (résineux sauf mélèze)					
		0	1	2	3	4	5
Mortalités de branches	0	A	B	C	D	E	F
	1	B	B	C	D	E	F
	2	C	C	D	D	E	F
	3	D	D	D	E	F	F
	4	E	E	E	F	F	F
	5	F	F	F	F	F	F

Un arbre est qualifié de très dépérisant lorsque sa note est D, E ou F. Un peuplement est évalué en dépérissement intense lorsque le seuil de 20 % d'arbres très dépérisants est atteint ou dépassé. C'est ce seuil qui permet de qualifier un peuplement en phase de dépérissement tel que le chapitre 4 l'analyse pour déclencher la récolte de peuplements dépérisants et orienter la gestion.

Remarque dans le cas de peuplements surcapitalisés : contrairement au diagnostic de la vulnérabilité (partie 3), les tiges dépérisantes correspondant au sur capital sont intégrées dans la notation d'un peuplement dépérisant afin d'envisager une coupe sanitaire. La surcapitalisation est alors prise en compte pour déterminer l'intensité du prélèvement (voir la clé de la partie 4, chapitre I).

Illustrations chez le sapin pectiné, le pin sylvestre et le pin noir d'Autriche $MB = 0, MA = 0, \text{Dépéris} = A$  $MB = 1, MA = 3, \text{Dépéris} = D$  $MB = 2, MA = 3, \text{Dépéris} = D$  $MB = 2, MA = 4, \text{Dépéris} = E$  $MB = 0, MA = 0, \text{Dépéris} = A$  $MB = 0, MA = 2, \text{Dépéris} = C$



MB = 1, MA = 3, Dépéris = D



MB = 0, MA = 0, Dépéris = A



MB = 0, MA = 1, Dépéris = B



MB = 1, MA = 2, Dépéris = C

L'ESSENTIEL

Un outil principal et un outil complémentaire pour affiner

Objectif : évaluer l'état sanitaire et diagnostiquer les situations de dépérissements, en référence à un protocole standardisé basé sur des critères symptomatologiques de perte de vitalité et de résilience. L'enjeu pour les gestionnaires consiste à parler le même langage.

Dépéris :

- méthode de notation simplifiée de l'aspect du houppier, appliquée de façon homogène par les correspondants-observateurs du DSF, qui permet d'aboutir assez rapidement à un diagnostic à l'échelle du peuplement
 - mise en œuvre opérationnelle et reproductible pour des comparaisons aisées entre opérateurs
- outil principal adapté au praticien pour la gestion courante

Archi :

- méthode d'analyse de l'architecture du houppier, en situant l'arbre dans la dynamique de dépérissement à partir de sa capacité de résilience passée et en fournissant un pronostic sur son statut d'avenir
 - niveau d'expertise et d'opérationnalité différent
- outil complémentaire en deuxième approche pour affiner et se spécialiser

Dépéris

- Deux critères : la mortalité des branches + le manque de ramification ou d'aiguilles
 - Notation de chaque critère en référence à des niveaux d'intensité
 - Une note globale synthétique
- un arbre est qualifié de dépérissant lorsque sa note est D, E ou F
- un peuplement est qualifié en dépérissement intense lorsque 20 % ou plus des arbres sont dépérissants

Mortalité de branches	Manque de ramification (houppier) Manque d'aiguilles (resson souff méso)					
	0	1	2	3	4	5
0	A	B	C	D	E	F
1	B	C	D	E	F	F
2	C	C	D	D	E	F
3	D	D	D	E	F	F
4	E	E	E	F	F	F
5	F	F	F	F	F	F

Précisions au chapitre II

Archi

- Des clefs de détermination utilisables pour le sapin pectiné, les pins et les chênes, qui distinguent des catégories d'arbre sain, résilient (arbres d'avenir), stressé (arbre d'avenir incertain), ou en dépérissement irréversible (arbre sans avenir). La nécessité d'une formation préalable spécifique avant utilisation.



Restitution des clefs à l'annexe 4



*Chêne pubescent et sapin pectiné notés très dépérissants en référence au protocole Dépéris.
Photos : DSF, JB Daubrée (en haut) et ONF, J Ladier (en bas)*



Dépérissement de sapinière en ubac du mont Lachens (83). Photo : DSF, P Girard



PARTIE 4

GÉRER LE PRÉLÈVEMENT DES PEUPEMENTS DÉPÉRISSENTS

Cette partie prolonge la précédente lorsqu'un peuplement est diagnostiqué comme dépérissant. Elle donne des recommandations globales et par essence dans le contexte régional, en fournissant des références à des seuils qualitatifs et quantitatifs pour orienter les décisions. La gestion des situations correspondantes peut renvoyer à l'organisation de la gestion de crise (exemple des critères d'entrée en crise) : le guide national de gestion des forêts en crise sanitaire sera consulté pour approfondir (référence ONF 9200_11_GUI_CRI_003_vB).

I - APPROCHE GLOBALE, CLEF POUR DÉCLENCHER ET GUIDER LES PRÉLÈVEMENTS

Approfondir si besoin avec le DSF

L'utilisation par des outils de la partie 3, chapitre III, est nécessaire pour caractériser les situations de dépérissement. Pour approfondir les causes du dépérissement, le gestionnaire peut aussi solliciter en complément le correspondant-observateur du DSF.

En améliorant la connaissance du phénomène et de ses implications, cette expertise permet d'affiner le diagnostic, de confirmer ou ajuster certains éléments, et elle sert à préparer les préconisations techniques pour la coupe sanitaire. Elle peut en outre contribuer à la décision d'autres mesures en lien avec la gestion des dépérissements, comme l'opportunité d'installer des placettes de suivi pour évaluer la progressivité du phénomène (décision à partager au niveau de l'agence).

Gérer l'avenir tout en s'appuyant sur le peuplement sain existant

En tout état de cause lorsque l'avenir de l'essence principale actuelle est compromis, la recherche d'une autre essence objectif à terme s'effectue tout en continuant de s'appuyer sur la gestion des tiges saines existantes. Ce principe, qui relève d'une stratégie de répartition du risque sur le long terme, considère qu'il y a un intérêt supérieur à une gestion par évolutions progressives plutôt que pas transformations brutales ; il mise sur d'éventuelles capacités de résilience méconnues de l'essence en place pour lui permettre de continuer à jouer son rôle d'essence objectif en mélange et tient compte du contexte méditerranéen de faible productivité globale, qui impose de limiter les investissements en matière de renouvellement des peuplements de production.

En pratique, cela signifie que les prélèvements en phase de dépérissement poursuivent **l'objectif d'assurer des revenus au propriétaire (limitation des sacrifices d'exploitabilité, capacité à réinvestir) tout en veillant à ne pas descendre en-dessous d'un seuil minimal de capital sur pied, car cela pourrait s'avérer contre-productif pour le bilan hydrique du peuplement et l'impact des prochains épisodes de sécheresse.**

Une clef pour déclencher et guider le prélèvement

La détermination d'une coupe sanitaire dans un peuplement dépérissant et son intensité dépendent de plusieurs critères :

- **la capacité de l'essence actuelle en place à se maintenir comme essence objectif à l'avenir.** Celle-ci est déterminée en référence à deux principaux sous-critères : la caractérisation de la vulnérabilité a priori du peuplement (voir partie 2, chapitre I) et l'étude de la survenue par le passé d'autres dépérissements dans le peuplement ou à proximité (voir partie 4, chapitre II) ;
- **les caractéristiques dendrométriques du peuplement et sa position par rapport à la trajectoire du guide de sylviculture ;**
- **la probabilité d'apparition d'autres risques en lien avec le dépérissement, en particulier le risque d'attaques pathogènes (scolytes notamment) et le risque incendie.**

L'expérience issue des précédents épisodes de dépérissements en Provence Alpes Côte d'Azur et sur les parties méridionales de la Drôme et de l'Ardèche conduit à une clef de détermination à partir du croisement de ces critères. D'une part, cette clef a pour objectif de guider le déclenchement et l'intensité du prélèvement en situation de dépérissements. Elle fixe d'autre part des repères pour orienter la gestion du peuplement sur le moyen et le long terme, le prélèvement étant en effet analysé au-delà des questions de court terme liées à l'apparition du dépérissement.

CLEF POUR DÉCLENCHER ET GUIDER LES PRÉLÈVEMENTS DES PEUPELEMENTS DÉPÉRISSENTS, ET POUR ORIENTER LA GESTION SUR LE PLUS LONG TERME

<p>Question 1 : l'avenir de l'essence en place est-il compromis dans un contexte de changement climatique ?</p> <p>NB : la réponse est issue de la caractérisation de la vulnérabilité du peuplement (voir partie 2, chapitre I)</p>	<p>Si non : la gestion considère l'essence en place comme essence objectif Question 2 : comment le peuplement se positionne (caractéristiques dendrométriques) par rapport à la trajectoire du guide de sylviculture ?</p>	<p>Le peuplement est surcapitalisé en G ou en retard d'éclaircie : le prélèvement est nécessaire avec comme objectif de revenir aux seuils en G après coupe du guide de sylviculture. La récolte s'effectue d'abord sur les tiges dépérissantes (coupe sanitaire), puis si nécessaire dans le peuplement surcapitalisé. Si cela est techniquement et commercialement envisageable, plusieurs coupes peuvent être programmées en récoltant en premier les tiges les plus dépérissantes, notées E et F (Dépéris) ou en dépérissement irréversible (Archi).</p>	
		<p>Le peuplement est correctement capitalisé en G, sans retard d'éclaircie Question 3 : un risque supplémentaire d'attaques pathogènes (scolytes) ou d'incendie est-il associé au dépérissement ?</p>	<p>Si oui : la coupe sanitaire est nécessaire. La récolte ne doit pas abaisser le G de plus de 20 % en-dessous des seuils après coupe du guide de sylviculture pour ne pas favoriser le développement de la strate inférieure, sauf si cela résulte du prélèvement des tiges les plus dépérissantes (notées E et F).</p> <p>Si non : la coupe sanitaire est recommandée. La récolte ne doit pas abaisser le G en dessous des seuils après coupe du guide de sylviculture pour ne pas favoriser le développement de la strate inférieure, sauf si cela résulte du prélèvement des tiges les plus dépérissantes (notées E et F).</p>
		<p>Le peuplement est sous-capitalisé en G Question 3 : un risque supplémentaire d'attaques pathogènes (scolytes) ou d'incendie est-il associé au dépérissement ?</p>	<p>Si oui : la coupe sanitaire est facultative. Elle est envisagée en particulier en présence de bois d'oeuvre, en veillant à maintenir l'ambiance forestière et en limitant la récolte aux seules tiges notées E et F.</p> <p>Si non : la coupe sanitaire n'est pas prioritaire sur l'objectif de maintenir l'ambiance forestière et d'éviter le développement de la strate inférieure (déstabilisation supplémentaire). Elle ne peut être envisagée qu'en présence de bois d'oeuvre de qualité A ou B (forte valeur commerciale) et sans risque de détérioration du bilan hydrique.</p>
		<p>Si oui : le peuplement est géré en recherchant une autre essence objectif (voir partie 5), tout en continuant de s'appuyer sur la gestion du peuplement sain existant. Question 3 : un risque supplémentaire d'attaques pathogènes (scolytes) ou d'incendie est-il associé au dépérissement ?</p>	<p>Si oui : le renouvellement (par voie naturelle ou de diversification) est réféléchi en même temps que le prélèvement, avec la possibilité d'adapter l'emprise et l'intensité de la coupe (au-delà des tiges notées D, E, F ; anticipation de coupe réglée).</p> <p>Si non : le prélèvement favorise au maximum les autres essences présentes.</p>
		<p>Si non : la coupe sanitaire est recommandée Question 4 : le peuplement est-il proche du diamètre d'exploitabilité éventuellement adapté (voir partie 2, chapitre II b) ?</p>	<p>Si oui : le renouvellement (par voie naturelle ou de diversification) est réféléchi en même temps que le prélèvement, avec la possibilité d'adapter l'emprise et l'intensité de la coupe (au-delà des tiges notées D, E, F ; anticipation de coupe réglée).</p> <p>Si non : le prélèvement favorise au maximum les autres essences présentes.</p>
		<p>Si oui : la coupe sanitaire est nécessaire Question 4 : le peuplement est-il proche du diamètre d'exploitabilité éventuellement adapté (voir partie 2, chapitre II b) ?</p>	<p>Si oui : le renouvellement (par voie naturelle ou de diversification) est réféléchi en même temps que le prélèvement, avec la possibilité d'adapter l'emprise et l'intensité de la coupe (au-delà des tiges notées D, E, F ; anticipation de coupe réglée).</p> <p>Si non : le prélèvement favorise au maximum les autres essences présentes.</p>

NB : le déclenchement du prélèvement se comprend lorsque les conditions d'exploitation et de mobilisation sont économiquement viables. Les notions de sous et surcapitalisation sont précisées ci-dessous par essence.

II - RECOMMANDATIONS PARTICULIÈRES PAR ESSENCE

Les éléments et seuils chiffrés en réponse aux critères de la clef sont précisés ci-dessous pour les principales essences étudiées.

II a - Le sapin pectiné

Avenir de l'essence en place

L'approche stationnelle s'avère d'une bonne fiabilité pour traduire la sensibilité du sapin pectiné aux dépérissements. En première approche, les clefs de détermination des niveaux de risque qui figurent à la partie 2 chapitre Ib sont utilisées selon les sylvo-écorégions de situation. **Les niveaux de risque fort et très fort amènent à considérer que l'avenir du sapin comme essence objectif à l'avenir est compromis.** Une analyse au cas par cas du contexte pédoclimatique permet de préciser au besoin le diagnostic issu de ces clefs.

L'analyse de précédents dépérissements est le second facteur à prendre en compte, notamment dans les cas où l'approche stationnelle permet difficilement d'arbitrer entre niveau de risque « moyen » et « fort ». Si d'autres épisodes de dépérissement ont affecté par le passé le même peuplement ou un peuplement à proximité répondant aux mêmes critères d'analyse stationnelle, le pronostic issu de cette analyse est modulé en considérant un niveau de vulnérabilité supplémentaire. Cependant si le bilan de la gestion passée fait ressortir un épisode d'affaiblissement qui n'est pas directement lié à une sécheresse (tempête avec chablis, attaques de pathogènes...), le résultat de l'analyse stationnelle n'est pas modulé. Pour cela, le sommier constitue une référence importante, de même que l'analyse des produits accidentels mobilisés par le passé ou le témoignage des précédents gestionnaires.

Capitalisation du peuplement

Les niveaux de capitalisation sont considérés vis-à-vis de l'opportunité de déclencher une récolte sanitaire en phase de dépérissement, en référence à la question 2 de la clef. Le peuplement est considéré comme surcapitalisé lorsque, pour ramener sa surface terrière au seuil après coupe du guide (guide des sylvicultures de montagne des Alpes du sud), la récolte correspondante dépasse 30 % du capital sur pied. Il est sous capitalisé lorsque sa surface terrière est inférieure à la valeur cible après coupe du guide de sylviculture.

Seuils de sous-capitalisation et de surcapitalisation pour évaluer le prélèvement des sapinières dépérissantes

NB : G est mesuré à partir du diamètre pré-comptable de 17,5 cm

Essence	itinéraire	G en m ²			
		fertilité	seuil de sous-capitalisation	intervalle de capitalisation correcte	seuil de surcapitalisation
Sapin pectiné	futaie régulière : amélioration	moyenne 1 et 2	29	30 - 40	41
	futaie régulière : ensemencement	moyenne 1 et 2	21	22 - 31	32
	futaie irrégulière ou jardinée : sapinière sèche	1 et 2	20	21 - 28	29
	futaie irrégulière ou jardinée : sapinière fraîche	1 et 2	25	26 - 35	36
	futaie irrégulière ou jardinée : sapinière froide	1 et 2	23	24 - 32	33

Facteurs de risque supplémentaire

Le risque incendie étant faible sur les secteurs occupés par les sapinières, seul le risque pathogène est considéré. Il correspond principalement au risque d'apparition de foyers de scolytes susceptibles de se propager rapidement et d'infester des peuplements sains à proximité.

Recommandations complémentaires pour orienter le prélèvement

Outre la récolte des arbres dépérissants, le prélèvement veille à :

- **limiter la dépréciation des tiges de bois d'œuvre de qualité** en récoltant prioritairement celles qui sont parasitées par le gui ;
- **conserver le plus possible l'ambiance forestière lors que l'avenir du sapin comme essence objectif n'est pas remis en cause.** La surface terrière ne doit pas alors descendre en dessous des seuils de sous-capitalisation, quitte à laisser des tiges dépérissantes dans le peuplement. Des bandes latérales d'abris, composées de feuillus, sont maintenues pour préserver le peuplement de l'effet des températures et du dessèchement de l'air ;
- lorsque le dépérissement est de forte intensité et que le contexte économique et sanitaire le permet, privilégier plusieurs récoltes progressives pour **conserver le plus possible de croissance, vigueur et ambiance forestière en prélevant dans un premier temps les tiges les plus dépérissantes (notées E et F).**

II b - Le pin sylvestre : éléments pour répondre aux questions de la clef

Avenir de l'essence en place : analyser l'historique et la présence du gui pour préciser

La relation entre dépérissement et station est moins fiable pour le pin sylvestre que dans le cas du sapin pectiné. Le pin sylvestre est en effet une essence pionnière qui a aussi colonisé par accrus naturels des espaces s'avérant parfois peu adaptés lorsque les peuplements en sont aux stades adultes. C'est pourquoi il n'y a pas de clef de détermination. Dans ces conditions, l'utilisation des cartes de vigilance climatique relative, complétée d'un diagnostic de terrain et d'une analyse des dépérissements passés revêt une importance particulière.

Ainsi lorsque d'autres dépérissements ont affecté par le passé soit le même peuplement soit un peuplement à proximité, le risque est considéré à un niveau fort. Pour cela, le sommier constitue une référence importante, de même que l'analyse des produits accidentels mobilisés par le passé ou le témoignage des précédents gestionnaires.

En outre, la présence du gui est analysée comme un facteur de vulnérabilité supplémentaire, avec un risque considéré comme fort lorsque le taux de recouvrement du gui dans l'ensemble des houppiers du peuplement dépasse le seuil de 25 % (voir partie 2, chapitre I b).

Capitalisation du peuplement

Les niveaux de capitalisation sont considérés vis-à-vis de l'opportunité de déclencher une récolte sanitaire en phase de dépérissement, en référence à la question 2 de la clef. Le peuplement est considéré comme surcapitalisé lorsque, pour ramener sa surface terrière au seuil après coupe du guide (guide des sylvicultures de montagne des Alpes du sud), la récolte correspondante dépasse 30 % du capital sur pied. Il est sous capitalisé lorsque sa surface terrière est inférieure à la valeur cible après coupe du guide de sylviculture.

Seuils de sous-capitalisation et de surcapitalisation pour évaluer le prélèvement des pineraies sylvestres dépérissantes

NB : G est mesuré à partir du diamètre pré-comptable de 17,5 cm

Essence	itinéraire	fertilité	G en m ²		
			seuil de sous-capitalisation	intervalle de capitalisation correcte	seuil de surcapitalisation
Sapin pectiné	futaie régulière : amélioration	moyenne 1 et 2	22	23 - 31	32
	futaie régulière : ensemencement	moyenne 1 et 2	17	18 - 25	26
	futaie irrégulière	1 et 2	21	22 - 29	30

Facteurs de risque supplémentaire

Le risque incendie est apprécié en considérant d'une part le niveau d'exposition de la forêt (en référence au Plan départemental de protection des forêts contre les incendies), et d'autre part la quantité de végétation fine et morte en cime et au sol susceptible d'aggraver l'intensité de propagation et le régime d'un feu (voir chapitre III b). Il est considéré comme élevé lorsque la forêt est exposée à l'aléa incendie et en présence de végétation fine et morte abondante en cime et au sol.

Le risque pathogène correspond principalement au risque d'apparition de foyers de scolytes, et dans une moindre mesure au sphaeropsis des pins (*Diplodia pinea*), lorsqu'ils sont susceptibles d'infester des peuplements sains à proximité.

II c - Le pin noir d'Autriche : éléments pour répondre aux questions de la clef

Avenir de l'essence en place : analyser l'historique pour préciser

Comme pour le pin sylvestre, il n'y a pas de clef de détermination pour apprécier la vulnérabilité du pin noir d'Autriche. Dans ces conditions, l'utilisation des cartes de vigilance climatique relative, complétée d'un diagnostic de terrain et d'une analyse des dépérissements passés revêt une importance particulière.

Ainsi lorsque d'autres dépérissements ont affecté par le passé soit le même peuplement soit un peuplement à proximité, le risque est considéré à un niveau fort. Pour cela, le sommier constitue une référence importante, de même que l'analyse des produits accidentels mobilisés par le passé ou le témoignage des précédents gestionnaires. En outre, la présence du gui est analysée comme un facteur de vulnérabilité supplémentaire, avec un risque considéré comme fort lorsque le taux de recouvrement du gui dans l'ensemble des houppiers du peuplement dépasse le seuil de 25 % (voir partie 2, chapitre I b).

Particularités et recommandations liées aux attaques de *Diplodia pinea*

Les dépérissements de pin noir d'Autriche en région sont globalement plus récents et concernent des surfaces moindres que ceux de pin sylvestre. **Ils sont principalement liés aux dégâts dus au *Diplodia pinea*** suites aux stress hydriques des années 2015, 2016 et 2017.

À noter que des attaques se produisent également sur le pin sylvestre avec des symptômes et recommandations de récolte comparables à celles décrites en encadré.

Le *Diplodia pinea*, pathogène de faiblesse et facteur déclenchant de dépérissements

Diplodia pinea, champignon au comportement thermophile, est à l'origine de dégâts sur les pins qui apparaissent le plus souvent suite à des orages ponctuels de grêle éclatant sur des secteurs ayant subi des stress hydriques importants. Les principaux symptômes sont :

- le rougissement des pousses des pins (présence de bouquets d'aiguilles rougissantes et nanifiées, enrésinement des pousses) qui est fréquent et peu dommageable ;
- le dessèchement ou rougissement des houppiers ou parties de houppiers, suite à des épisodes climatiques particuliers : orage de grêle (les blessures sont des portes d'entrée au champignon qui se développe ensuite dans les tissus), stress hydriques intenses. Ce dessèchement concerne les branches fines et la ramification ;
- des chancres de rameaux et de branches, souvent discrets, provoqués par la colonisation de blessures par les spores du champignon ;
- le bleuissement du bois présent dans les arbres colonisés atteints par le pathogène ou sur les bois abattus.

*Bleuissement du bois de pin noir en raison du *Diplodia pinea*.*

Photo : DSF



L'importance de l'infestation et par conséquent l'intensité des symptômes observés sont étroitement liées à l'état général du peuplement, sa vitalité et ses capacités de réaction aux stress hydriques. Ainsi, les peuplements affaiblis par de précédents épisodes de sécheresse, denses et installés sur des stations forestières peu favorables sont les plus touchés.

L'intensité des symptômes est assez variable, mais des atteintes sur la totalité du houppier et sur la moitié des tiges des peuplements ont été observées assez régulièrement sur la région au cours des dernières années. Ces niveaux remettent en cause la survie des tiges affectées ainsi que l'avenir sylvicole des peuplements.

Le prélèvement recommandé concerne les pins affectés à plus de 50 % de leur houppier par le rougissement. Il dit également tenir compte du bleuissement qui peut être rapide : si ce bleuissement n'altère pas les qualités mécaniques du bois, il lui donne un aspect inesthétique ou suspect, avec une dévalorisation pénalisante s'il s'agit de bois d'œuvre.



*Peuplement de pin noir d'Autriche touché par *Diplodia Pinea* (à gauche), et après coupe sanitaire (à droite).*

Photos : ONF, L Micas

Capitalisation du peuplement

Les niveaux de capitalisation sont considérés vis-à-vis de l'opportunité de déclencher une récolte sanitaire en phase de dépérissement, en référence à la question 2 de la clef. Le peuplement est considéré comme surcapitalisé lorsque, pour ramener sa surface terrière au seuil après coupe du guide (guide des sylvicultures de montagne des Alpes du sud), la récolte correspondante dépasse 30 % du capital sur pied. Il est sous capitalisé lorsque sa surface terrière est inférieure à la valeur cible après coupe du guide de sylviculture.

Seuils de sous-capitalisation et de surcapitalisation pour évaluer le prélèvement des pineraies noires dépérissantes

NB : G est mesuré à partir du diamètre pré-comptable de 17,5 cm

Essence	itinéraire	fertilité	G en m ²			
			seuil de sous-capitalisation	intervalle de capitalisation correcte	seuil de surcapitalisation	
pin noir d'Autriche	futaie régulière :	moyenne 1 et 2	25	26	35	36
	amélioration	3	22	23	31	32
	futaie régulière :	2	20	21	29	30
	ensemencement	3	12	13	17	18
	futaie irrégulière	1 et 2	20	21	28	29

Facteurs de risques supplémentaires

Le risque incendie est apprécié en considérant d'une part le niveau d'exposition de la forêt (en référence au Plan départemental de protection des forêts contre les incendies), et d'autre part la quantité de végétation fine et morte en cime et au sol susceptible d'aggraver l'intensité de propagation et le régime d'un feu (voir chapitre III b). Il est considéré comme élevé lorsque la forêt est exposée à l'aléa incendie et en présence de végétation fine et morte abondante en cime et au sol.

Le risque pathogène correspond principalement au risque d'apparition de foyers de scolytes susceptibles de se propager rapidement et d'infester des peuplements sains à proximité.

II d - Le chêne pubescent : éléments pour répondre aux questions de la clef

Avenir de l'essence objectif et traitement

Le chêne pubescent, dont le traitement correspond souvent au taillis, présente un état sanitaire globalement dégradé à l'échelle régionale. De nombreux peuplements apparaissent vulnérables voire dépérissants, et leur avenir avec maintien de l'essence sur le long terme comme essence objectif peut être questionné. Ceci dit au vu du résultat d'expérimentations (rendez-vous technique n°44, ONF, pp 9 – 16, J Ladier et al., 2014), **il n'apparaît pas y avoir aujourd'hui d'alternative sylvicole éprouvée avec suffisamment de recul pour ces peuplements.** Les présentes recommandations sont par conséquent formulées avec prudence, en soulignant le besoin de les consolider au fur et à mesure et d'introduire du mélange dans les taillis de chêne pubescent.



Illustrations de taillis dépérissants sur des classes de fertilité différentes (3 à gauche et 2 à droite). Photo : ONF

Le dépérissement dans le cas du chêne pubescent apparaît progressif et lent, ce qui justifie de ne pas rechercher d'itinéraires alternatifs de façon immédiate pour toutes les situations. Comme précisé dans la partie 2, chapitre II a, le respect de la durée de rotation pour le déclenchement d'une coupe est un élément prioritaire :

- rotation de 50 ans pour les classes de fertilité 1 et 2
- rotation de 40 ans pour la classe de fertilité 3.

Ces durées peuvent être abaissés de 20 % dans les situations de dépérissement avancé.

	Classe de fertilité	Critères d'exploitabilité	Valeurs du guide de sylviculture	Possibilité d'abaissement des valeurs en cas de vulnérabilité ou de dépérissement avancés
Chêne pubescent	Fertilités 1 et 2	Rotation	50 ans	40-45 ans
	Fertilité 3	Rotation	40 ans	35 – 40 ans

Toutefois en raison du vieillissement et de la perte de vitalité des souches d'une rotation sur l'autre, la pérennité du traitement en taillis pour cette essence est questionnée, ce qui incite à envisager progressivement des alternatives.

A cet effet, dans la mesure du possible, la coupe de taillis est adaptée en :

- favorisant le **développement des essences d'accompagnement** : alisier blanc, cormier, érable à feuille d'obier, érable champêtre, érable de Montpellier... ;
- permettant l'apparition possible d'**essences à l'abri** : c'est notamment le cas du chêne vert à l'étage méso méditerranéen ;
- procédant à des plantations selon les précisions de la partie 5.

Dans les situations où le taillis de chêne pubescent est dominé par un **étage de futaie claire de pin d'Alep**, la coupe de taillis est réfléchi de façon simultanée avec la programmation des travaux sylvicoles nécessaires à la régénération du pin d'Alep dans l'objectif de renouveler et pérenniser prioritairement l'étage de futaie.

Concernant la **conversion du taillis en futaie**, étant donné le peu de retour d'expérience, la difficulté à obtenir des semis viables (rendez-vous technique n°44, ONF, pp 9 – 16) et la perspective d'une production modérée de bois d'œuvre feuillu en contexte méditerranéen, elle est à **réserver de façon circonstanciée aux taillis sans signes de dépérissement et sur classes de fertilité 1 et 2+, ce qui représente moins de 5 % des surfaces** de chênaie pubescente en sylviculture sur la région. Les éclaircies préparatoires sont progressives pour prévenir les dessèchements et descentes de cime auxquels le chêne pubescent est sujet.

Itinéraire de conversion en futaie du taillis de chêne pubescent : principaux éléments

(sources : guide de sylviculture de montagne des Alpes du Sud françaises, Jean Ladier et al, 2012 ; protocole de conversion de l'agence territoriale Drôme-Ardèche)

Objectifs	Age d'exploitabilité de 100 à 150 ans ; diamètre d'exploitabilité de 30 à 45 cm
Première coupe de conversion	Hauteur dominante de 10-11 mètres Installation de cloisonnement d'exploitation de 4 mètres tous les 18 à 20 mètres Éclaircie prélevant la moitié des tiges et 30 % de la surface terrière sur pied, en visant 1000 à 1200 tiges/ha après éclaircie Préservation des essences d'accompagnement
Rotation	20 à 25 ans
Coupes de conversion suivantes	Prélèvement de 30 % de la surface terrière

Facteurs de risque supplémentaire

Le risque incendie est apprécié en considérant d'une part le niveau d'exposition de la forêt (en référence au Plan départemental de protection des forêts contre les incendies), et d'autre part la quantité de végétation fine et morte en cime (caractère marcescent du feuillage du chêne pubescent) susceptible d'aggraver l'intensité de propagation et le régime d'un feu (voir chapitre III b). Il est considéré comme élevé lorsque la forêt est exposée à l'aléa incendie et en présence de végétation fine et morte abondante en cime.

Les pathogènes (bupreste du chêne, bombyx disparate) ne sont pas considérés comme un facteur de risque supplémentaire : les observations témoignent d'un niveau d'attaques relativement modéré.

III - PRÉPARATION ET GESTION DE LA COUPE

III a - Préparer et désigner la coupe

Le rôle central du rapport de coupe préparatoire et du martelage

Le diagnostic effectué pour évaluer la situation de dépérissement ne doit pas être confondu avec le diagnostic sylvicole pour préparer la coupe (rapport de coupe, appelée encore fiche préparatoire). Il n'est généralement pas effectué à la même échelle ni ne poursuit la même finalité.

Le rapport de coupe préalable reste non seulement nécessaire dans une situation de dépérissement, mais il est même essentiel, notamment pour préciser le diagnostic sanitaire et sa variabilité au sein de la surface parcourue et pour formuler des préconisations d'intervention spécifiques en conséquence. Il s'agit également de :

- confirmer l'exploitabilité et la commercialisation, en évaluant le degré d'urgence de l'intervention en lien avec le risque d'attaques pathogènes (scolytes en particulier) ou encore la perte de valeur commerciale liée à la dégradation du bois d'œuvre,
- prendre en compte les risques de déstabilisation du peuplement,
- considérer les effets potentiels du prélèvement vis-à-vis des enjeux environnementaux et paysagers,
- se concerter dans la mesure du possible avec les partenaires du territoire et recueillir leur avis ou expertise, en adaptant au besoin en retour l'itinéraire technique du prélèvement.

Lors du martelage, les consignes visent en particulier à :

- **privilégier la récolte des arbres les plus dépérissants**, en se référant à la gradation de la notation Dépéris (notation E et F) et des types Archi ;
- récolter prioritairement les tiges pouvant jouer **un rôle contaminant** (en lien avec un risque sanitaire tel que la présence de scolytes) ;
- **ne pas déstabiliser le peuplement en cas d'avenir possible pour l'essence actuelle en place** : des arbres diagnostiqués comme stressés mais montrant des signes de résilience peuvent être maintenus pour garder le potentiel de production et de régénération ;
- **favoriser le mélange d'essences** ;
- **conserver des gros bois de mauvaise qualité pour la biodiversité** sauf s'ils présentent un risque de dissémination de parasites pouvant aggraver le dépérissement du peuplement.

Si le peuplement en place a vocation à être maintenu à l'avenir, il est important de ne pas prévoir de récolte au-delà de la partie diagnostiquée comme dépérissante sauf si celui-ci est surcapitalisé. Les retours d'expérience montrent en effet que des interventions supplémentaires en éclaircie n'ont pas d'efficacité sur la réduction du stress hydrique et peuvent au contraire s'avérer contre-productives.



Situation après coupe sanitaire dans un peuplement de pin noir d'Autriche. Photo : ONF, L Micas

III b - Intégrer les risques naturels et incendie, organiser le chantier

Intégrer le rôle de protection vis-à-vis des risques naturels

Si le peuplement joue en complément un rôle de protection vis-à-vis d'un aléa naturel avec un enjeu à l'aval, l'agence RTM sera sollicitée pour des préconisations à intégrer dans la préparation de la coupe. Les situations où les peuplements de production jouent un rôle de protection concernent majoritairement **l'aléa chute de blocs**. Cela peut par exemple être le cas de pineraies de production à pin sylvestre ou pin noir d'Autriche situées en aval de bandes rocheuses et en amont d'un enjeu (route, habitations, équipements publics).

Dans ces situations, l'intervention doit veiller à maintenir **une surface terrière suffisamment élevée** (en se concentrant strictement sur la récolte des tiges dépérissantes notées E et F en cas de peuplement sous-capitalisé) et à **éviter la création de trouées dans le sens de la pente**, ce qui tend à réduire l'intensité du prélèvement. En cas de dépérissement important nécessitant d'envisager le renouvellement du peuplement, celui-ci est réalisé en priorité selon le niveau de risque (croisement entre le niveau de l'aléa et le niveau d'enjeu humain associé).

Intégrer le risque incendie

Le niveau de risque incendie peut varier au cours d'une phase de dépérissement. C'est au stade où les feuilles et aiguilles ainsi que les ramifications fines sont sèches et encore dans les houppiers qu'il est le plus important. La présence de cette **végétation fine et morte en cime a pour conséquence une augmentation du risque incendie** avec une influence sur la propagation de l'incendie et sa sévérité. Le pic de danger se situe généralement dans les deux ou trois ans après la survenue des premiers signes de dépérissements. Dans les situations où le dépérissement est marqué et où le risque incendie est habituellement considéré comme modéré, celui-ci est réévalué à un niveau fort. Le prélèvement s'attache alors à l'abaisser par la récolte des tiges à risque correspondantes.

En zone de montagne à partir de l'étage supra méditerranéen, outre la période estivale, le risque incendie est également à prendre en compte en sortie d'hiver où l'état de dessiccation de la végétation en sous-étage est prononcé. Les feux peuvent ainsi parcourir les zones de lande et de végétation basse jusqu'en bordure des peuplements de production. Leur régime peut également s'intensifier au contact des chênaies pubescentes en raison du caractère marcescent du feuillage de cette essence.

Quant à la présence de **ramifications fines et sèches au sol** (à la suite de dépérissements ou de chablis), elle est susceptible de faciliter la propagation. La prise en compte de ce risque dans l'exploitation passe aussi par un traitement des rémanents en andains ou si nécessaire, par leur disposition selon les courbes de niveau plutôt que dans le sens de la pente où progresse le feu.

Enfin la propagation du feu est rendue d'autant plus difficile que l'hétérogénéité spatiale de la végétation est importante, ce qui conduit vis-à-vis à **privilégier une mosaïque de peuplements** et rejoint les préconisations de la partie 5 sur la gestion du renouvellement.

Anticiper l'organisation du chantier

Le chantier d'exploitation est organisé avec un soin particulier :

- au niveau technique et logistique pour **maîtriser les risques de tassement du sol et limiter les périodes de stockage du bois** - moins de 30 jours sur la période de mai à octobre - (sources : guide Pratic'Sols, 2017, ONF et FNEDT ; cahier national des prescriptions d'exploitation forestière, partie 2.3, 2019, ONF) ;
- du point de vue de la **santé et sécurité des intervenants**, au vu des risques spécifiques de chutes d'arbres et de branches liées à la mortalité d'arbres, à travers l'établissement d'une fiche de chantier précise.

III c - Après le prélèvement

Suivre et documenter les situations

Les dépérissements liés aux stress hydriques étant des phénomènes complexes pour lesquels les réponses précises en terme de gestion sont adaptées au cas par cas, le suivi dans le temps est essentiel. Outre la tenue rigoureuse du sommier, des photographies périodiques d'un même endroit, sous le même angle et dans des conditions d'éclairage comparables, s'avèrent souvent utiles pour apprécier l'évolution du phénomène. L'installation d'un réseau de placettes permanentes peut également être retenue dans le cadre d'une décision partagée au sein de l'agence.

Adapter en situation de crise le programme des coupes réglées

Si le dépérissement atteint le seuil d'entrée en crise (c'est-à-dire lorsque la récolte sanitaire représente 50 % de la récolte normale en zone de montagne et 20 % en zone de plaine), il est préférable de surseoir aux coupes ordinaires supplémentaires programmées à proximité du peuplement (référence : guide de gestion des crises sanitaires en forêt).

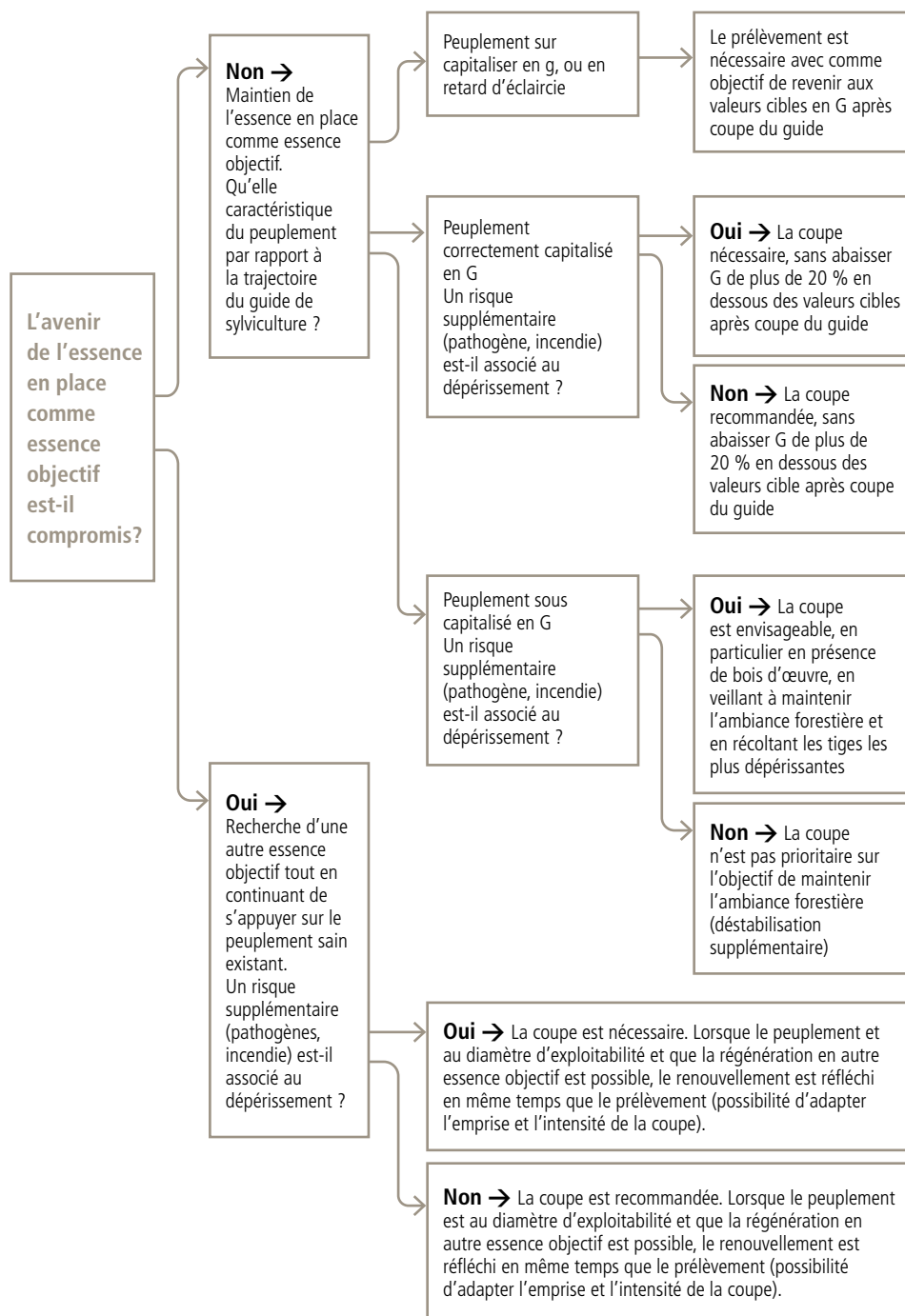
Lorsque le risque de nouveau dépérissement à court terme devient moindre, la gestion habituelle des coupes reprend. En effet, une capitalisation sur pied excessive est souvent contre-productive et conduit à accroître en retour le risque de dépérissement (voir partie 2, chapitre II).

À l'inverse, une coupe peut être anticipée pendant la phase de dépérissement dans certaines situations :

- lorsque le peuplement correspondant est proche des critères d'exploitabilité et que l'acquisition de la régénération en essence objectif adaptée est satisfaisante ;
- lorsque l'avenir de l'essence objectif constituant le peuplement correspondant est compromis et que l'acquisition de la régénération en autre essence objectif adaptée apparaît possible.

L'ESSENTIEL

UNE CLEF GLOBALE POUR DÉCLENCHER ET GUIDER LES PRÉLÈVEMENTS



Des recommandations et valeurs seuils par essence

Voir tables de valeurs et leur utilisation pour le sapin pectiné (chapitre II a), pin sylvestre (II b), pin noir d'Autriche (II c), chêne pubescent (II d).

Préparation et gestion de la coupe

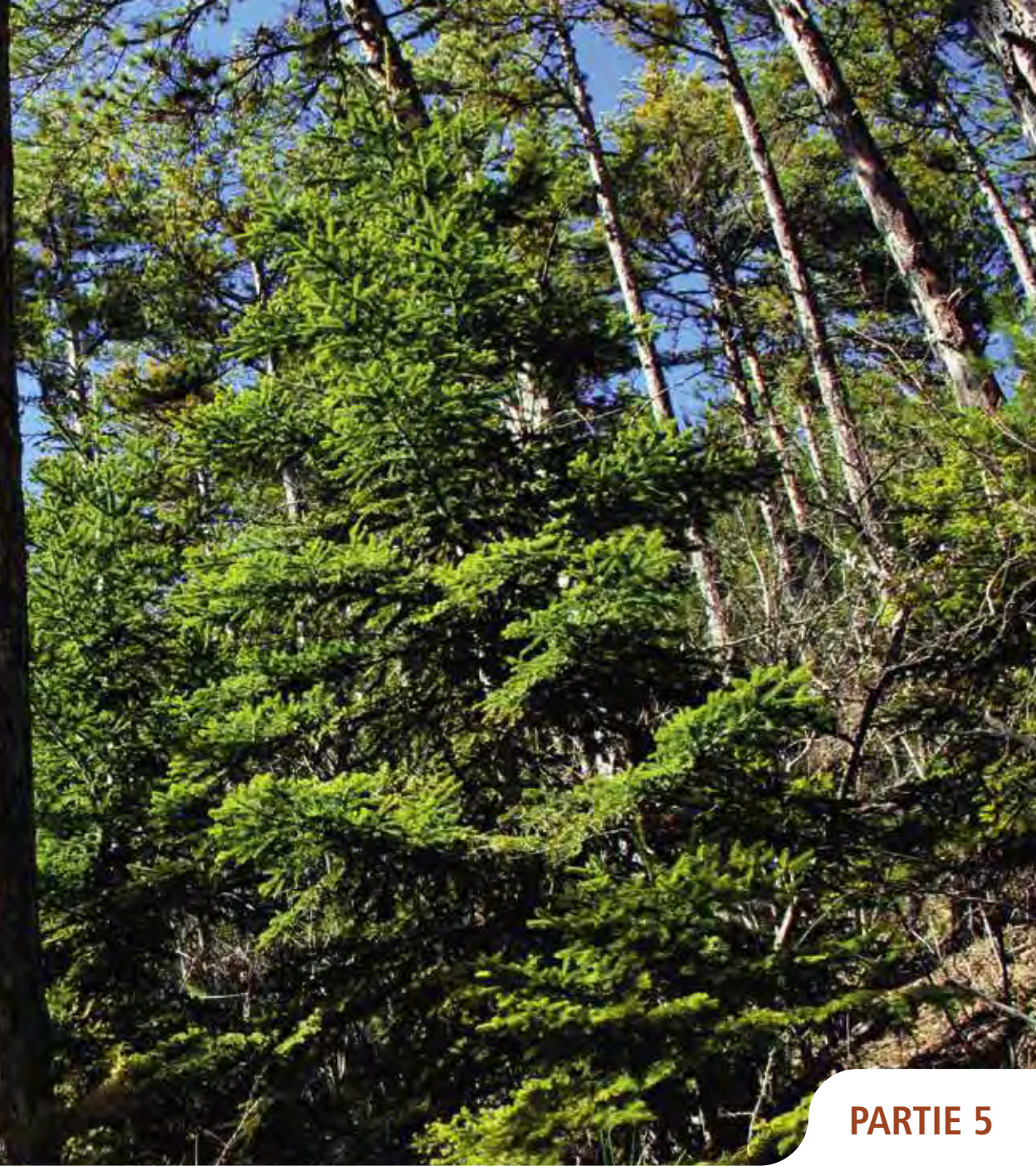
- Rapport de coupe, désignation : privilégier les arbres notés E et F ; ne pas déstabiliser le peuplement ; favoriser le mélange d'essences ; conserver des bois pour la biodiversité ; concerter les partenaires extérieurs (paysage, cadre de vie, environnement).
- Intégrer les risques naturels et incendie, en particulier vis-à-vis de l'aléa chute de blocs et en présence de végétation fine et morte en cime (modification du régime de propagation d'un feu).
- Organiser le chantier d'exploitation : limiter le stockage des bois à moins de 30 jours entre mai et octobre ; veiller à la sécurité des intervenants dans un peuplement déstabilisé.
- Adapter le programme des coupes réglées : surseoir aux coupes supplémentaires programmées lorsque les dépérissements représentent plus de 50 % de la récolte annuelle en zone de montagne.



*Peuplements de pin sylvestre et sapin pectiné dépérissants avant coupe sanitaire.
Photos : DSF, JB Daubrée (en haut) et ONF, J Ladier (en bas).*



Photo : ONF, L Micas



PARTIE 5

**RENOUVELER LES PEUPLEMENTS
VULNÉRABLES ET DÉPÉRISSANTS**

Le contenu de cette partie prolonge la partie 2, qui permet de caractériser les peuplements vulnérables, et la partie 4 qui décrit les modalités de prélèvement des peuplements dépérissants. Les peuplements vulnérables et dépérissants concernés sont ceux qui approchent le diamètre d'exploitabilité ou le stade de régénération, et pour lesquels l'avenir de l'essence en place est compromis, ce qui nécessite de rechercher un renouvellement avec d'autres essences objectifs.

I - PRINCIPES GLOBAUX

Chercher à concilier plusieurs scénarios d'avenir possibles, privilégier la diversité des approches

L'adaptation au changement climatique implique d'adopter une approche particulière pour le renouvellement et la conduite des peuplements. Les incertitudes nombreuses et durables liées à l'ampleur des différents scénarios comme aux capacités d'adaptation naturelle des écosystèmes forestiers conduisent à **concilier dans la gestion actuelle divers scénarios de gestion possibles à l'avenir, en référence au besoin de répartir la prise de risques indispensable à la gestion d'un cycle de long terme**. Ainsi la notion d'essence objectif n'est plus à apprécier comme constante à l'échelle de la révolution du peuplement : elle devient évolutive en s'appuyant sur une gamme d'essences potentielles en fonction du changement des conditions pédoclimatiques.

Dans ce contexte, il est important de **privilégier la diversité des approches en matière de renouvellement des peuplements**. A l'inverse, la mise en œuvre d'un seul système de gestion selon une certitude a priori est à proscrire en terme de stratégie de gestion du risque. Ainsi l'introduction de nouvelles essences ou provenances comme alternatives possibles aux peuplements en place, en particulier ceux dont la capacité de régénération naturelle en essences viables à l'avenir apparaît insuffisamment garantie, constitue un enjeu important.

Maintenir ou restaurer l'équilibre forêt-gibier

Pour ne pas accumuler les sources de stress, le maintien ou la restauration de l'équilibre forêt-gibier est indispensable à la réussite du renouvellement. Cela passe par le contrôle des populations de grands ongulés sauvages, en particulier du cerf, à travers des niveaux de plan de chasse adaptés et des taux de réalisation élevés. Sur le territoire régional, les situations de déséquilibre sont régulières (voir PRFB PACA) et en augmentation d'où l'importance de la régulation des populations. Même dans les situations où l'équilibre n'apparaît pas remis en cause, une attitude de vigilance préventive avec des niveaux élevés de régulation est retenue pour éviter la survenue d'un stress supplémentaire susceptible de compromettre l'avenir du peuplement.

II a - La priorité à la régénération naturelle en essences mélangées

Régénérer naturellement et mélanger les essences

À chaque fois que cela est possible, le renouvellement des peuplements diagnostiqués comme vulnérables ou dépérissants est **prioritairement recherché par régénération naturelle en essences objectifs viables**. Se le mélange ne semble pas avoir d'effet positif vis-à-vis de la résistance à la sécheresse, son intérêt pour l'adaptation au changement climatique repose sur la possibilité de concilier la gestion de plusieurs essences objectifs à l'avenir. En outre, un peuplement mélangé est généralement moins sensible aux crises biotiques et aux attaques d'agents pathogènes spécialistes qu'un peuplement mono spécifique (références : P Vallet, rendez-vous techniques n°38, 2012 ; Grossiord et al, Revue forestière française, 2015).

L'acquisition de la régénération naturelle vise à chaque fois que possible le mélange d'essences, avec :

- **le maintien de semenciers d'essences diversifiées** lors de la désignation de la coupe d'ensemencement,
- **l'adaptation des modalités de coupes de régénération** pour favoriser lorsque c'est possible la régénération sous abris de semis d'autres essences objectifs : exemple du chêne vert et du pin d'Alep sous pin noir ou pin sylvestre à l'étage supra méditerranéen,
- des travaux de nettoyage pour le **dosage des essences d'accompagnement**.

Elle ne cherche pas à éliminer l'essence actuelle dont la présence dans le peuplement peut être maintenue comme essence objectif secondaire.

L'effet des périodes de stress hydrique sur la fructification des semenciers et sur l'étalement de la durée de régénération est enfin pris en compte dans la conduite du renouvellement.



Renouvellement d'une pineraie sylvestre dépérissante en FC de Rousset (05) par régénération naturelle de pin noir issu de peuplements voisins en bon état sanitaire, avec semis de feuillus précieux en accompagnement. Photo : ONF

Accompagner la régénération naturelle en diversifiant

La priorité à la régénération naturelle s'accompagne régulièrement de l'enjeu de diversifier le peuplement en autres essences ou provenances. Or, la possibilité de renouveler naturellement un peuplement dépérissant ou vulnérable en autres essences objectifs adaptées n'est parfois pas suffisante. De plus, la capacité du peuplement à s'adapter naturellement aux effets du changement climatique tout en maintenant un rôle de production suffisant est souvent incertaine, ce qui motive **l'introduction d'autres matériels forestiers au sein du peuplement**. Cette introduction est réalisée selon des modalités particulières (voir chapitre II) afin de s'assurer de sa pertinence technique, d'éviter d'éventuels effets secondaires, de documenter son suivi dans le temps et d'apprendre des résultats par l'organisation de retours d'expérience.



Renouvellement d'une pineraie noire dépérissante en FD du Plateau par régénération naturelle de pin d'Alep et de chêne vert. La densité insuffisante de la régénération naturelle soulève le besoin de diversifier en complément par plantation. Photo : ONF

I b - Le besoin en complément de diversifier en essences et provenances

Raisonnement l'investissement forestier en contexte méditerranéen : diversifier au lieu de transformer

Les peuplements forestiers à rôle de production en région Provence Alpes côte d'Azur sont globalement caractérisés par une croissance biologique faible et des produits de valeur commerciale modérée, ce qui conduit à raisonner l'investissement dans des situations et sous des formes circonstanciées. C'est pourquoi l'introduction d'autres essences est essentiellement réfléchi en procédant à des plantations pour diversifier les peuplements sains existants, sur lesquels la gestion continue de s'appuyer, plutôt qu'en les transformant.

La transformation d'essences sur l'ensemble d'un peuplement peut être exceptionnellement envisagée dans les cas réunissant les critères suivants :

- **classes de fertilité 1 et 2** garantissant un potentiel de production de bois d'œuvre,
- **terrain exploitable mécaniquement,**
- **avenir compromis de l'essence actuelle** établi avec certitude,
- **impossibilité de régénération naturelle** en autre essence objectif, naturellement présente avec un potentiel de production de bois d'œuvre,
- **compatibilité avec les enjeux environnementaux et la sensibilité paysagère du site.**

Commencer par les situations aux meilleures garanties de réussite

Les critères ci-dessus valent également pour **prioriser les opérations de plantation, notamment en se concentrant sur les classes de fertilité 1 et 2.** En outre, les chantiers portent préférentiellement sur les zones qui ont fait récemment l'objet d'une coupe de dépérissement, d'une part pour favoriser le réinvestissement en forêt d'une partie de la recette et d'autre part pour tirer profit de la préparation d'une partie du terrain du fait de l'exploitation (sous étage réduit, meilleur éclairage au sol).

Enfin, les secteurs de plantation peuvent être choisis en tenant compte du rôle de **point d'appui** qu'ils joueront à l'avenir pour le reste du peuplement : c'est le cas par exemple de situations en crête ou haut de versant vis-à-vis de peuplements en contrebas.

Diversifier sur de faibles surfaces unitaires en visant le recours à plusieurs essences

Afin d'accompagner le renouvellement, **l'introduction de nouvelles essences ou provenances s'effectue souvent sur une faible surface, de l'ordre de quelques hectares et inférieure à 10 ha.** Ce choix est motivé par la prise en compte :

- des conditions de relief dans le contexte de la région,
- des variations stationnelles souvent importantes sur de petites distances (dizaine de mètres),
- du besoin de concentrer l'investissement sur les secteurs de meilleure fertilité,
- de la présence régulière à l'étage dominant de capital sur pied lié au peuplement dépérissant ou vulnérable.

L'objectif d'accroître le mélange d'essences et la probabilité non nulle d'échec de l'introduction de matériel forestier de reproduction (MFR) dans un contexte donné conduisent à privilégier le recours à plusieurs essences ou provenances. Pour plus de précisions, on se référera à la stratégie territoriale de reconstitution et d'adaptation des peuplements au changement climatique.

Au sein de la surface à diversifier, **les essences sont introduites soit sur des surfaces en plein soit sous forme de placeaux.** Le placeau, tel que décrit dans les guides de sylviculture, correspond à une taille unitaire de l'ordre du bouquet de quelques dizaines d'individus (voir précisions au chapitre II). Le mélange d'essences pied à pied n'est quant à lui pas retenu étant donné le besoin de croissance et d'éducation des plants en collectifs de mêmes caractéristiques autoécologiques.

La provenance des MFR, un élément clef

L'introduction de MFR exige qu'ils proviennent d'origines recommandées ou de variétés sélectionnées. Le choix d'une région de provenance adaptée peut s'avérer déterminant selon l'objectif recherché. Ainsi l'installation de MFR issus de la provenance locale, et **si possible d'un mélange de plusieurs peuplements classés pour une base génétique large**, offre des garanties d'adaptation : qualité de survie, croissance et reproduction de la population dans des conditions environnementales données. En revanche son adaptabilité, à savoir sa capacité d'évolution dans un environnement changeant (plasticité des arbres, évolutions génétiques entre générations) peut ne pas être suffisante en raison de l'intensité des changements subis. L'introduction de MFR originaires d'une autre région de provenance, a priori de climat plus sec, s'avère alors nécessaire dans la mesure du possible.

Ainsi dans le cas d'un dépérissement, **lorsque le nombre de reproducteurs potentiels dans le peuplement est significativement réduit ou que leur survie est incertaine, le recours à des provenances d'origines mieux adaptées aux conditions futures ou l'introduction d'autres essences sont recommandés**³. L'accent doit alors être mis sur la diversité génétique et sur la traçabilité du matériel introduit. Enfin, l'introduction de MFR se conçoit en veillant à la conservation des arbres survivants du peuplement qui sont susceptibles d'être porteurs d'adaptations génétiques intéressantes.

Choisir les essences, alimenter le réseau expérimental des îlots d'avenir

Le choix des essences et provenances pour les plantations de gestion s'effectue en référence à l'arrêté préfectoral sur les MFR pour la Région PACA⁴ : la liste correspondante est fournie en annexe 5. Les autres MFR ne peuvent être introduits que dans le cadre de dispositif conçu et suivi par la recherche-développement. C'est le cas des îlots d'avenir, dont la validation préalable par le pôle RDI garantit la conformité avec les dispositions de l'arrêté préfectoral et des Directives régionales d'aménagement et Schémas régionaux d'aménagement.

En pratique, le choix des MFR se porte d'abord sur des essences présentes à proximité du peuplement ou de la forêt. Ces essences peuvent être autochtones ou issues d'introductions passées sur lesquelles un recul suffisant est disponible. Le choix est complété par des essences ou provenances allochtones. A ce sujet, les notions d'autochtonie et d'allochtonie apparaissent relatives dans un contexte de changement climatique, où des paramètres considérés jusqu'alors comme invariants (sol, climat) deviennent variables et entraînent une évolution naturelle de l'aire de répartition des essences.

L'introduction de matériel allochtone est examinée en se référant aux fiches essences issues de l'outil ClimEssences (voir annexe 6), sur la base de plusieurs critères :

- pertinence technique,
- absence d'effets indésirables connus et besoin de les contrôler, en lien notamment avec un potentiel risque colonisateur d'espaces environnants,
- faisabilité logistique, notamment la disponibilité et la capacité d'approvisionnement en MFR,
- documentation et suivi dans le temps avec organisation de retours d'expérience.

Enfin, **la remontée altitudinale naturelle** qui accompagne le changement climatique est un élément supplémentaire pour guider le choix des essences. Ainsi à titre d'exemple, l'installation du pin d'Alep est à envisager dans l'étage supra méditerranéen comme celle du Cèdre dans le montagnard moyen.

³ Commission des ressources génétiques forestières, *Préserver et utiliser la diversité des ressources génétiques forestières pour renforcer la capacité d'adaptation des forêts au changement climatique*, Ministère de l'agriculture, 2008

⁴ Arrêté préfectoral du 15 février 2021 « portant fixation des listes d'espèces et des matériels forestiers de reproduction éligibles aux aides de l'Etat sous forme de subventions ou d'aides fiscales pour le boisement, le reboisement et les boisements compensateurs après défrichement ». Consultable en ligne à l'adresse agriculture.gouv.fr/materiels-forestiers-de-reproduction-arretes-regionaux-relatifs-aux-aides-de-letat-linvestissement



Intérêt de valoriser les retours d'expérience : ici, peuplement bienvenant de sapin de Céphalonie et de cèdre de l'Atlas installés dans une pineraie noire incendiée en 1959. Photo : ONF

Mobiliser les sources de financement

En raison du coût d'un chantier, la mobilisation de financements peut s'avérer déterminante pour permettre sa réalisation effective. Parmi les sources possibles, on peut citer :

- les aides de l'Etat relatives à la transformation des peuplements déperissants ;
- les aides de la Région à la gestion forestière ;
- les mesures compensatoires au défrichage : les travaux de plantation suite à des déperissements peuvent être proposée au titre de la reconstitution des peuplements ;
- le fonds de dotation ONF « agir pour la forêt » ;
- le mécénat ;
- le label bas carbone délivré par le Ministère de la transition écologique (au titre de la reconstitution de forêts dégradées suite à un déperissement).

II - ITINÉRAIRES, ESSENCES ET PROVENANCES

II a - Itinéraires pour l'installation et le suivi dans le temps

Pour les plantations, les ITTS (itinéraires techniques de travaux sylvicoles) sont applicables : itinéraires existants (références ONF 8700-19-GUI-SAM-007 et 8700-19-GUI-SAM-008) ou à venir, notamment pour les plantations en placeaux. Les éléments à suivre apportent des précisions en complément.

Diagnostic stationnel

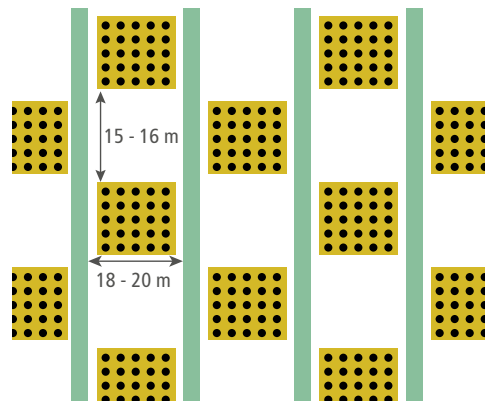
Le diagnostic pédoclimatique local est un préalable à la délimitation de la zone à renouveler, au choix des MFR et à leur implantation par surface unitaire. Les données (humus, horizons, texture, charge en cailloux, pH, hydromorphie) sont recueillies en référence à la typologie des stations de la zone correspondante. **Une attention particulière est apportée aux principaux critères qui permettent de calculer le réservoir en eau utilisable du sol, à savoir : la profondeur prospectable par les racines fines vivantes, la charge en éléments grossiers et la texture du sol.**

Emplacements, modalités et densités d'installation

La délimitation de la zone à renouveler par introduction de MFR privilégie les formes compactes en évitant les bandes étroites et les contours compliqués. Dans ce cadre, les possibilités de plantation sous le couvert clair du peuplement sont aussi à considérer.

Concernant les plantations par placeaux, elles reposent sur les principes suivants dans l'attente de l'élaboration prochaine d'ITTS :

- les placeaux comprennent entre 16 et 25 plants en général (des placeaux de 9 plants pourront être envisagés selon la topographie même si les risques de perte sur le long terme deviennent importants) ;
- au sein des placeaux, l'espacement des plants est le même que celle recommandée pour la plantation en plein de l'essence considérée (en général 3x3 m, réduit à 2 x2 m pour le sapin) ;
- Le nombre de placeaux par hectare est compris entre 25 et 50, soit une densité de plantation de l'ordre de 500 plants/ha.



Exemple de schéma de plantation par placeaux
(les bandes vertes représentent les cloisonnements d'exploitation)

Préparation du terrain

Le maintien d'un couvert clair par le peuplement adulte existant, ou d'un abri latéral, est réfléchi de façon compatible avec les caractéristiques écologiques et les besoins en lumière des essences choisies.

La préparation du terrain est effectuée conformément aux ITTS. La maîtrise de la végétation basse est envisagée lorsque celle-ci est susceptible de nuire à la reprise et la croissance du matériel forestier introduit. L'intervention est menée sur une proportion réduite de la surface totale afin de maintenir un bourrage ligneux maîtrisé. Quand cela est possible, le travail mécanique du sol est réalisé un à deux mois avant l'installation des plants.

La plantation

La plantation est réalisée en référence aux ITTS et au guide Réussir la plantation forestière : réception et contrôle des travaux de reboisement (guide technique du Ministère chargé de l'agriculture, 2014, 3ème édition). L'organisation du chantier mérite une attention particulière à plusieurs niveaux :

- réception des plants en vérifiant la conformité avec les prescriptions du marché et la provenance à travers le certificat maître émanant du pépiniériste,
- stockage et conservation des plants à proximité du lieu de plantation, dans un endroit frais, abrité du vent et du soleil direct,
- plantation à la pioche lorsqu'un travail mécanique du sol a été préalablement effectué, sinon par potet manuel en retirant les pierres.

Le semis, une alternative sous forme de test

La technique du semis est une alternative qui peut apparaître adaptée dans le contexte régional.

- Le coût d'installation global s'avère significativement inférieur à celui de la plantation grâce à l'économie réalisée sur la fourniture des plants (même s'il convient de tempérer cette économie par un besoin globalement supérieur en dégagement ultérieur). L'avantage économique final est un argument dans le contexte méditerranéen où l'investissement forestier doit être raisonné.
- En raison de conditions de stockage plus aisées et d'une durée de conservation nettement plus longue que pour des plants, le calendrier des chantiers peut être plus facilement adapté à des conditions météorologiques favorables. Le climat méditerranéen est en effet caractérisé par des sécheresses automnales ou printanières qui peuvent s'étendre sur plusieurs semaines et s'avérer alors rédhitoires pour la reprise des plants.
- L'organisation du chantier est facilitée en l'absence de lieu de stockage pour les plants et grâce à un moindre transport de matériels (pas de caisses de plants ni préoccupation d'arrosage). Cet avantage peut s'avérer important dans les situations de pentes. Il se traduit également par une moindre pénibilité du chantier pour les ouvriers.
- La gestion des besoins en regarnis est assouplie en évitant de nouvelles commandes de plants selon des quantités limitées.

En contrepartie, cette technique exige un niveau de garanties élevé concernant la qualité des graines (conditions de stockage, levée de dormance) et elle peut s'avérer fortement consommatrice en graines pour certaines essences qui font déjà l'objet d'une tension au niveau de l'approvisionnement en MFR. Elle présente également l'inconvénient d'être sensible aux attaques de rongeurs, oiseaux et autres prédateurs (en plus des cervidés après levée des semis). **Cette technique peut être testée localement après validation du chargé de sylviculture.** L'installation des semis a lieu après un travail du sol. Elle s'effectue selon la même densité que pour une plantation (5 graines pouvant être installées en chaque point) en suivant les recommandations du fournisseur pour la saison d'installation généralement entre le début de l'hiver et du printemps. Le gestionnaire s'appuiera sur les ITTS des guides de sylviculture pour les modalités précises.



Illustration de l'installation de semis. Photo : ONF

Protection contre les dégâts de cervidés

Dans chaque situation correspondant à une zone de vigilance vis-à-vis de l'équilibre forêt – gibier⁵ et même si la pression des cervidés sur la régénération n'est pas avérée localement sur la zone à renouveler, le recours à la protection contre le gibier est recommandé (en complément de niveaux de plans de chasse suffisamment élevés, avec préconisations de prélèvements ciblés à proximité des plantations inscrites dans les contrats cynégétiques et sylvicoles).

La **protection par engrillagement** est envisagée dans les contextes qui cumulent de faibles pentes, la présence de cerfs, l'absence de têtardes⁶ (en raison des risques de percuter le grillage) et une surface totale de plantation supérieure à un hectare. Sinon, la **protection individuelle** est utilisée en veillant à ce qu'elle protège de l'abrutissement sur une hauteur suffisante et que la stabilité au sol de la protection soit durable.

Suivi

Un suivi régulier est indispensable. Il s'agit d'abord d'assurer la réussite de la régénération dans le temps, en identifiant les besoins en travaux de dégagement, nettoyage ou regarnis. L'enjeu est aussi de créer les conditions pour organiser les retours d'expériences sur le moyen et le long terme, analyser les échecs et les réussites, et globalement **valoriser les résultats dans une perspective d'amélioration continue nécessaire à la stratégie d'adaptation au changement climatique.**

Les données recueillies sont portées simultanément au sommier et dans la base de données régénération (BDR), ainsi que dans le module dédié de l'application webcarto dans le cas des îlots d'avenir. Pour ces derniers, un suivi expérimental est assuré par le pôle RDI qui analysera les données enregistrées.



Reconstitution par plantation de cèdre de l'Atlas d'une pineraie sylvestre dépérissante.

Photo : ONF

II b - Essences et provenances

Le choix des essences et provenances pour les plantations de gestion s'effectue en référence à l'arrêté préfectoral sur les MFR pour la Région PACA : la liste correspondante est fournie en annexe 5. Les autres MFR ne peuvent être introduits que dans le cadre de dispositif conçu et suivi par la recherche-développement. C'est le cas des îlots d'avenir, dont la validation préalable par le pôle RDI garantit la conformité avec les dispositions de l'arrêté préfectoral et des Directives régionales d'aménagement et Schémas régionaux d'aménagement.

Outre le cadrage réglementaire, les éléments qui suivent s'inscrivent dans le cadre de la stratégie nationale et territoriale d'adaptation au changement climatique. Cependant, étant donné le caractère évolutif du contexte réglementaire et des connaissances, **l'attention du lecteur est attirée sur le besoin de compléter les recommandations ci-dessous par la consultation des documents de référence qui ont pu intervenir depuis l'édition du présent guide.**

⁵ Référence : Programme régional de la forêt et du bois de la Région PACA

⁶ Principalement têtards lyre et gélinotte des bois dans le contexte du guide

Un choix au cas par cas après analyse de terrain, concertation locale et garanties d'approvisionnement

Le choix des essences et provenances s'opère à partir d'une analyse de chaque situation, reposant en premier lieu sur **un diagnostic stationnel. En présence d'enjeux environnementaux et sociaux** avérés (protection environnementale, rôle d'accueil du public, valeur paysagère), il convient également d'associer les acteurs du territoire : services de l'Etat en cas de site classé ou arrêté préfectoral de protection de biotope, élus locaux, animateurs de sites Natura 2000, représentants de Parcs naturels régionaux, d'association environnementale ou de préservation du patrimoine locale, de la filière bois. Il importe enfin de s'assurer de la disponibilité en plants des essences et provenances choisies. En effet, la difficulté d'approvisionnement en MFR (ressources génétiques autorisées et existantes, faisabilité d'approvisionnement, délais de traitement des semences et de production des plants) peut s'avérer rédhibitoire.

Essences potentielles de plantation dans les sapinières dépérissantes ou vulnérables

Pour les sapinières, les essences potentielles découlent d'une analyse croisant plusieurs critères : autoécologie de l'essence, adaptabilité aux conditions de croissance locales, adaptation des régions de provenances et des matériels sélectionnés, capacités d'approvisionnement et disponibilités en MFR. Elles valent de façon moyenne dans le contexte bioclimatique actuel des sapinières dépérissantes et vulnérables en Région Provence Alpes côte d'Azur et dans les parties méridionales de la Drôme et de l'Ardèche. L'annexe 6 fournit les informations des fiches essences disponibles dans l'outil en ligne ClimEssences, qu'il convient de consulter pour affiner le niveau de pertinence dans chaque situation.

Dans ces conditions, **les essences potentielles de plantation pour le sapin pectiné** sont :

- sapin de Céphalonie (*Abies cephalonica*),
- cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*),
- pin de Bosnie (*Pinus heldreichii*),
- pin de Salzmann (*Pinus nigra ssp salzmannii*),
- hêtre (*Fagus sylvatica*),
- douglas (*Pseudotsuga menziesii*),
- sapin de Bornmuller (*Abies nordmanniana ssp equi-trojani*),
- sapin d'Andalousie (*Abies pinsapo*).

Essences potentielles de plantation pour les pineraies (sylvestre et noire) dépérissantes ou vulnérables

Pour les pineraies, les essences potentielles découlent d'une analyse croisant plusieurs critères : autoécologie de l'essence, adaptabilité aux conditions de croissance locales, adaptation des régions de provenances et des matériels sélectionnés, capacités d'approvisionnement et disponibilités en MFR. Elles valent de façon moyenne dans le contexte bioclimatique actuel des sapinières dépérissantes et vulnérables en Région Provence Alpes côte d'Azur et dans les parties méridionales de la Drôme et de l'Ardèche. L'annexe 6 fournit les informations des fiches essences disponibles dans l'outil en ligne ClimEssences, qu'il convient de consulter pour affiner le niveau de pertinence dans chaque situation.

Les essences potentielles de plantation pour les pineraies sylvestre et noire sont :

À l'étage montagnard

- pin de Bosnie (*Pinus heldreichii*),
- cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*),
- sapin de Céphalonie (*Abies cephalonica*),
- pin de Salzmann (*Pinus nigra ssp salzmannii*),
- douglas (*Pseudotsuga menziesii*),
- sapin de Bornmuller (*Abies nordmanniana ssp equi-trojani*),
- cormier (*Sorbus domestica*),
- aulne de Corse (*Alnus cordata*),
- sapin d'Andalousie (*Abies pinsapo*)

À l'étage supra méditerranéen

- pin de Brutie (*Pinus brutia*),
- pin d'Alep (*Pinus halepensis*),
- cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*),
- chêne faginé (*Quercus faginea*),
- chêne vert (*Quercus ilex*),
- calocèdre (*Calocedrus decurrens*),
- pin de Bosnie (*Pinus heldreichii*),
- cormier (*Sorbus domestica*),
- aulne de Corse (*Alnus cordata*).

Essences potentielles de plantation pour les chênaies pubescentes dépérissantes ou vulnérables

Pour les chênaies pubescentes, les essences potentielles découlent d'une analyse croisant plusieurs critères : autoécologie de l'essence, adaptabilité aux conditions de croissance locales, adaptation des régions de provenances et des matériels sélectionnés, capacités d'approvisionnement et disponibilités en MFR. Elles valent de façon moyenne dans le contexte bioclimatique actuel des sapinières dépérissantes et vulnérables en Région Provence Alpes côte d'Azur et dans les parties méridionales de la Drôme et de l'Ardèche. L'annexe 6 fournit les informations des fiches essences disponibles dans l'outil en ligne ClimEssences, qu'il convient de consulter pour affiner le niveau de pertinence dans chaque situation.

Les essences potentielles de plantation pour les peuplements de chêne pubescent sont :

- pin d'Alep (*Pinus halepensis*),
- pin de Brutie (*Pinus brutia*),
- chêne vert (*Quercus ilex*),
- chêne faginé (*Quercus faginea*),
- calocèdre (*Calocedrus decurrens*),
- cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*),
- érable champêtre (*Acer campestre*),
- aulne de Corse (*Alnus cordata*),
- cormier (*Sorbus domestica*),
- pin pignon (*Pinus pinea*).



Plants de pin de Slazmann (origine Saint-Guilhem) et de sapin de Bornmuller (origine verger à graine d'Uludag) produits à la pépinière expérimentale ONF de Cadarache. Photos : ONF, J Bouillie

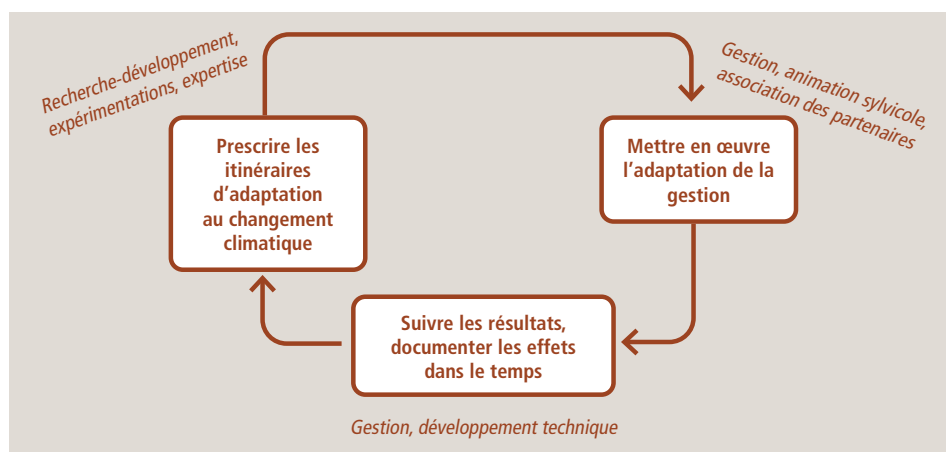
II c - Conduite des peuplements, fonctionnement

Vers une gestion intégrant une dimension adaptative dans les choix à venir

Les incertitudes liées à l'intensité du changement climatique et à ses effets sur les écosystèmes forestiers exigent de **préserver plusieurs choix de gestion possibles du peuplement à l'avenir afin d'être en capacité de s'adapter à la survenue de tel ou tel scénario climatique**. Cela passe par le mélange d'essences viables qui constituent un objectif premier dans les interventions en travaux sylvicoles et en éclaircies. La gestion repose également sur la **possibilité de concilier plusieurs essences objectives actuelles et potentielles**. La conduite à venir des peuplements reposera sur ces principes.

Suivre et documenter dans le temps pour créer les conditions de progresser au fur et à mesure

La stratégie d'adaptation au changement climatique repose sur **une démarche itérative visant la construction progressive de solutions pertinentes**. Pour cela, programmer et réaliser régulièrement des retours d'expérience pour analyser les résultats est une étape essentielle pour apprendre de la stratégie actuelle (réussites comme échecs) et alimenter en retour la réflexion pour de nouveaux itinéraires.



Adapter le fonctionnement

L'adaptation de la gestion au changement climatique réinterroge des habitudes et méthodes de travail. Sa mise en œuvre conduit à mettre en place un fonctionnement particulier, en s'appuyant sur des référents précisément identifiés selon des rôles définis :

- responsables de la mise en œuvre en direction et agences territoriales,
- gestionnaires de terrain en unités territoriales,
- animateurs techniques et sylvicoles auprès des agences territoriales et travaux
- experts du département de la santé des forêts,
- autres experts internes : agences travaux, RTM, DFCI, réseaux naturalistes
- référents du pôle recherche-développement-innovation en direction territoriale.

Ces référents entretiennent un dialogue régulier entre eux et avec les partenaires extérieurs, dans l'objectif de traduire les connaissances existantes en connaissances disponibles et applicables, et de suivre la gestion mise en œuvre pour valoriser les résultats et construire de nouvelles solutions.

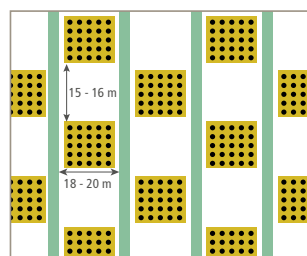
L'ESSENTIEL

Principes

- Chercher à concilier plusieurs possibilités de gestion pour l'avenir afin d'être en capacité de s'adapter à la survenue de tel ou tel scénario climatique
→ privilégier la diversité des approches.
- Régénérer naturellement et mélanger en essences
- Accompagner la régénération naturelle en diversifiant avec plusieurs essences
- Raisonner l'investissement en contexte méditerranéen : privilégier des unitaires de l'ordre de l'hectare en commençant par les situations aux meilleures garanties de réussite.
→ Plantations en plein sur de grandes surfaces limitées à des situations exceptionnelles : classes de fertilité 1 et 2, terrain mécanisable, avenir compromis de l'essence actuelle, absence de régénération naturelle à potentiel de de bois d'œuvre, compatibilité avec les enjeux environnementaux et paysagers
- Assurer la compatibilité avec l'arrêté préfectoral PACA du 18/06/2018 sur l'utilisation des MFR ; alimenter le réseau des îlots d'avenir

Modalités d'installation

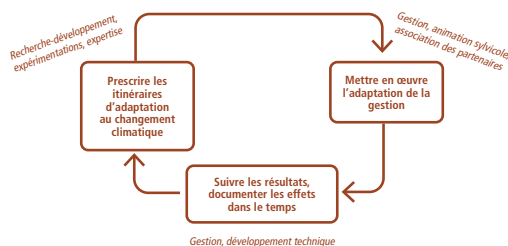
- Des plantations en plein, ou par placeaux pour s'adapter à la variabilité des conditions de croissance
- Le recours au semis dans certaines conditions sous forme de test
- Suivi dans le temps vis-à-vis de la réussite du renouvellement et dans une perspective d'amélioration continue : BDR, webcarto pour les îlots d'avenir
- Listes d'essences potentielles de plantation pour diversifier les peuplements de sapin pectiné, le pin sylvestre, le pin noir d'Autriche, le chêne pubescent
→ précisions au chapitre II b



Précisions au chapitre II a

Conduite à venir des peuplements

- Organiser des retours d'expérience réguliers pour créer les conditions de progresser au fur et à mesure





Dépérissements de sapin pectiné. Photo : DSF



Photo : G Connestri, Imagéo



ANNEXES

ANNEXE 1 : MÉTHODOLOGIE, GROUPE DE TRAVAIL ET PERSONNES RESSOURCES POUR L'ÉLABORATION DU GUIDE

Comment et avec quels acteurs ?

Le travail d'élaboration, confié par la DG DFRN entre avril 2019 et septembre 2020, a principalement reposé sur le transfert de connaissances et d'outils existants ainsi que sur l'expertise accumulée de la gestion des situations et expériences passées. Cette approche visant cohérence et pragmatisme s'explique par les connaissances encore lacunaires, par la nature intrinsèquement incertaine et évolutive du changement climatique et de ses effets sur les forêts, et par voie de conséquence par le besoin d'élaborer des réponses recherchant la gestion de plusieurs scénarios d'avenir.

Dans ces conditions, la principale valeur ajoutée du document porte sur l'articulation, la mise en cohérence et la déclinaison dans le contexte régional d'éléments existants, en fournissant une approche globale et en déterminant des seuils et critères chiffrés en vue de leur utilisation appropriée par le gestionnaire de terrain.

Un groupe de travail ONF a suivi et orienté régulièrement la réflexion et les travaux. Sa composition cherche à refléter la représentativité des métiers et des zones géographiques. Elle traduit des compétences diversifiées en santé des forêts, conduite des peuplements, choix d'essences selon les stations, effets du changement climatique, élaboration des aménagements, mise en œuvre des travaux sylvicoles.

Le travail d'élaboration s'est également nourri de nombreux contacts et rendez-vous bilatéraux, au sein de l'ONF comme auprès de partenaires extérieurs. La participation à des conférences a permis de développer des contacts avec d'autres gestionnaires et scientifiques et d'approfondir par l'analyse et la consultation d'une bibliographie dédiée.

Comme précisé dans la lettre de commande, une version pour validation a été adressée à la DG DFRN pour le 01/09/2020, après deux versions de travail successives qui ont été partagées et discutées avec le groupe de travail et les experts associés. Le projet a été validé à l'occasion du comité de validation réuni le 27/11/2020.

Composition du groupe de travail

Nom	Prénom	Fonction	Agence / structure
Micas	Lilian	TFT - CO DSF	04, UT Asses verdon Vaire Var
Lavandier	Géraud	RUT	04, UT Digne
Sauzède	Terry	TFT - spécialisation EAM	13 - 84, UT Alpilles collines provençales
Jensel	Eric	TFT - CO DSF	13 - 84, UT Ventoux
Llorca	Roberto	RUT	06 - 83, UT Dracénie Verdon
Miholic	Mickaël	TFT	06 - 83, UT Dracénie Verdon
Battiston	Florent	Responsable service bois	06 - 83, service bois
Roa	Olivier	TFT	06 - 83, UT Collines Varoises
Gargis	Pascal	Responsable EAM	06-83, service forêt
Calès	Guy	Responsable service forêt	05, service forêt
Paulus	Jérémy	TFT	05, UT Champsaur Valgaudemar
Quesney	Thierry	Responsable Teck, informatique mobile	DT MM, PSI
Ladier	Jean	Responsable du pôle RDI	DT MM, pôle recherche dév innovation
Villiers	Thomas	Responsable EAM, développement technique	DT MM

Le groupe s'est réuni en format collectif à plusieurs occasions : réunion le 12/06/2019, tournée de terrain les 30/09 et 01/10/2019, tournée le 27/05/2020. Des réunions complémentaires en format plus réduits ont été organisées pour approfondir certaines thématiques : tournées les 12/01/2020, 03/03/2020 et 04/03/2020. Enfin de nombreux échanges ont également eu lieu hors réunions.

Personnes et organismes ressources pour approfondir

- Expert national sylvicultures : Thierry Sardin
- Coordinateur de la révision du guide national de gestion des crises sanitaires : Xavier Gauquelin
- UMR Mixte ONF-INRA Biofora : Brigitte Musch
- Sècherie de La Joux : Joël Conche
- Adjoint au Directeur territorial chargé des questions forestières : Bertrand Fleury
- Agence DFCI : Yvon Duché
- Agence RTM Alpes du Sud : Philippe Bouvet
- Agence travaux Midi Méditerranée : Vincent Lakière
- Département RDI, pôle d'Avignon : Jean Ladier, Philippe Dreyfus, Noémie Pousse
- Pépinière de Cadarache : Patrice Brahic
- Agence Drôme Ardèche : Yves Le-Jean, Bernard Deguilhen
- Personnels des agences territoriales de la région PACA ayant participé aux tournées.

De même, le travail d'élaboration a cherché à associer largement les partenaires extérieurs parmi lesquels :

- Le Département de la santé des forêts, inter région sud-est (Jean-Baptiste Daubrée, Bernard Boutte)
- La Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt
- L'Union régionale des communes forestières
- Des experts des unités de recherche d'INRAE : Écosystèmes méditerranéens et risques (Michel Vennetier et Maxime Cailleret ex IRSTEA), Écologie des forêts méditerranéennes (Bruno Fady, François Courbet)
- Le Centre national de la propriété forestière : CRPF PACA et experts de l'institut du développement forestier (Jean Lemaire, Christophe Drénou)
- L'interprofession forêt bois PACA (FIBOIS)
- L'institut de recherche forestière du Baden-Württemberg.

Des présentations intermédiaires ont permis de restituer et orienter l'avancement des travaux, comme les participations au colloque AFORCE les 2 et 3/04/2019 et au symposium du PNR Haut-Languedoc sur l'adaptation des forêts au changement climatique les 19 et 20/11/2019.

ANNEXE 2 : MÉTHODOLOGIE ET INTERPRÉTATION DES CARTES DE VIGILANCE CLIMATIQUE RELATIVE

I - Hypothèses et méthode mise en œuvre : données de base et outil de calcul

Le pôle RDI ONF rattaché à la DT Midi Méditerranée a développé une méthode cartographique automatique d'une vigilance relative fondée sur le climat (Vigilance Climatique Relative, VCR) ou combinant climat et topographie locale (Vigilance Stationnelle Relative, VSR).

Ces cartographies ne s'appuient pas sur des modélisations du climat à venir, dont les incertitudes de prédiction (fonction des divers scénarios du GIEC) sont si larges que des choix de gestion pertinents apparaissent difficiles à établir sur cette base : elles considèrent les données climatiques actuelles, en postulant que les plus fortes contraintes climatiques futures s'appliqueront quasi-certainement là où les contraintes actuelles de sécheresse sont déjà les plus élevées. Le recours aux données actuelles présente en outre l'intérêt d'autoriser des restitutions pertinentes à une résolution fine (50 mètres), ce qui permet de tenir compte des variations locales induites par le relief.

Les informations climatiques utilisées proviennent de la base Digitalis de l'UMR SILVA (AgroParisTech-INRAE-Université, Nancy, C. Piedallu). Il s'agit de normales mensuelles trentenaires, interpolées par modélisation à la résolution de 50 m à partir des données des postes de Météo France. Par ailleurs, des calculs de rayonnement ont été réalisés par l'ONF, RDI Avignon, sur le MNT IGN 50 m.

Une procédure de calcul et de production de ces cartes a été mise au point par l'ONF (RDI Avignon) et intégrée dans un outil autonome de calcul disponible.

- Les informations climatiques et les calculs de rayonnement permettent d'estimer un **bilan hydrique climatique⁷ (BHC)**, en valeur annuelle, pour l'ensemble du territoire. Cette première variable de base caractérise en bonne part les conditions stationnelles qui déterminent la répartition spatiale des espèces. À titre d'exemple, la carte ci-dessous montre que le hêtre (limites en rouge) est présent en Région PACA en situation de bilan hydrique climatique plus favorable (teintes bleues) que le pin d'Alep (limites en vert, teintes orangées sur la carte de BHC). Les enveloppes de répartition de ces deux espèces, d'exigences écologiques très différentes, sont pratiquement disjointes.

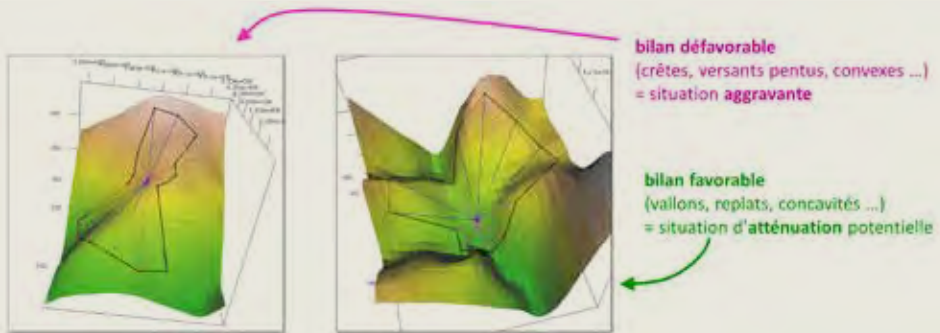
La position du hêtre dans les zones à bilan hydrique climatique positif ne signifie pas qu'il soit partout en bonnes conditions de survie, compte tenu de ses exigences. À l'inverse, la position du pin d'Alep dans les zones à bilan hydrique climatique négatif ne signifie pas qu'il soit partout menacé de dépérissement, car il est plutôt résistant à la sécheresse.

⁷ Bilan hydrique climatique, $BHC = P - ETP = \text{Précipitations} - \text{Évapotranspiration potentielle}$. L'ETP est fonction du rayonnement solaire et de la température : on l'assimile à une « demande climatique », correspondant à la quantité d'eau qui pourrait être évaporée du fait du rayonnement (ici, selon un mode de calcul un peu différent de celui de la base Digitalis) et de la température si l'eau était disponible à volonté. L'ETP est déterminée par la latitude, la date (calcul par mois), l'exposition, la pente, le masque des reliefs avoisinants, la température (elle-même fonction des facteurs précédents et de l'altitude), la couverture nuageuse (donnée peu disponible, remplacée par une fonction de l'écart $T_{max} - T_{min}$, amplitude qui est plus faible en situation de ciel couvert).



Ici, on note que la hêtraie de la FC de Lucéram (06) est en condition de sécheresse annuelle un peu moins défavorable que celle, bien connue également, de la FD de la Ste-Baume (83), mais bien moins favorable que celles du Ventoux (FD du Ventouret, FC de Bédoin, 84) ou du versant nord de la montagne de Lure (FD du Jabron). Dans les Alpes-de-Haute-Provence, les situations sont contrastées : par exemple, entre versants sud et nord de la montagne de Lure, ou entre le secteur des FD du Vanson et des Duyes, et la FD de Montdenier.

- Une deuxième couche de base (la carte de BHC est la 1^{ère}) est une **carte de topographie locale (TOP)**, quantifiée par un indice topographique continu, calculé (ONF RDI, Avignon) sur le MNT 25 m de l'IGN. L'idée de base est que la topographie locale peut être favorable (ou pas) à l'accumulation (ou à la perte) d'eau, d'éléments fins.

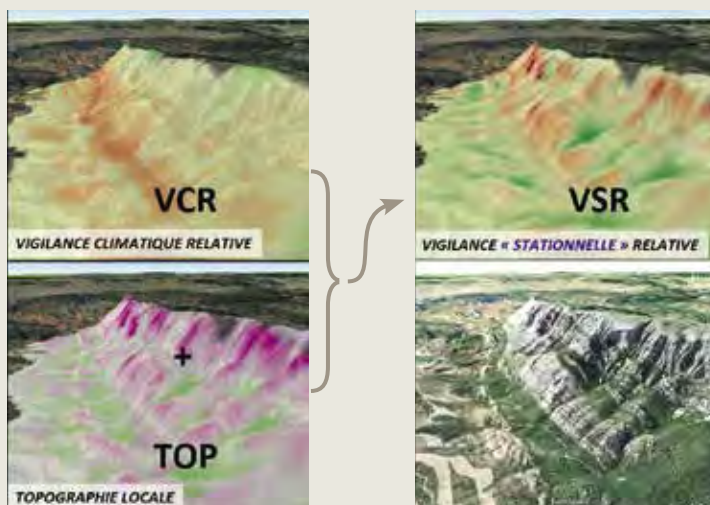


Bien entendu, cet indice n'évalue pas les arrivées et départs réels d'eau, d'éléments fins du sol. Mais on fait l'hypothèse qu'il apporte une information, même grossière, sur le caractère plus ou moins favorable à ces apports ou pertes, du relief au point considéré, et donc sur une atténuation ou une aggravation de la contrainte climatique de sécheresse.

- La carte de **vigilance stationnelle relative (VSR)** est une combinaison des deux cartes de base BHC et TOP, dont le résultat est présenté en relatif avec le même gradient du vert au rouge que pour la Vigilance Climatique Relative (VCR). À noter qu'en réalité, l'effet topographique d'accentuation ou d'atténuation de la sécheresse locale est sans doute variable selon les contextes géomorphologiques. La topographie locale est en outre un indicateur composite : elle peut également avoir un effet climatique secondaire très local, non pris en compte, à une échelle aussi fine, par la base climatique utilisée.

Idéalement, une carte de vigilance « stationnelle » relative devrait intégrer d'autres facteurs stationnels, géologie et sols notamment : leur prise en compte doit se faire par ailleurs, d'une autre manière, car on ne dispose pas systématiquement de cartes pédologiques (profondeur, texture, charge en éléments grossiers, ou de réservoir utile maximal...), et les cartes géologiques sont peu précises localement.

Dans la combinaison VSR, le poids attribué à BHC et à TOP est calculé comme fonction directe, linéaire, de la variabilité de chacune de ces deux composantes sur le périmètre considéré : un poids plus faible est donc attribué (calcul automatique) à la composante la plus homogène, puisqu'elle différencie moins les situations au sein de la zone concernée. Ce choix est logique, mais il n'assure pas que cette pondération entre les composantes climatique et topographique soit la mieux adaptée pour tel ou tel contexte géomorphologique.



Exemple illustrant la combinaison (VSR) entre informations climatique (BHC, VCR) et topographique (TOP)

- carte VCR : du vert (vigilance relative faible) au rouge (vigilance relative forte)
- carte TOP : du vert (topographie « d'accumulation ») au mauve (topographie « de perte »)
- carte VSR : du vert (vigilance relative faible) au rouge (vigilance relative forte)

• Six cartes sont produites par l'outil de calcul :

carte BHC : teintes du bleu (le + favorable) à l'orange (le + sec) ;

carte BHCVAL : en gradient de gris ; permet de lire les valeurs de BHC ;

carte VCR : du vert (vigilance relative faible) au rouge (vigilance relative forte)

carte TOP : du vert (topographie « d'accumulation ») au mauve (topographie « de perte »)

carte TOPVAL : en gradient de gris ; indique la valeur associée à TOP ;

carte VSR : du vert (vigilance relative faible) au rouge (vigilance relative forte).

II - Interprétation et utilisation des cartes

Ces cartes de vigilance n'indiquent pas « où et quand » se produiront des dépérissements. C'est impossible compte tenu des incertitudes climatiques : elles indiquent « où d'abord » (= dans quelles parties de la zone considérée) dans le cas où la situation se détériore au point que des dépérissements apparaissent.

Il est essentiel de comprendre le caractère relatif de l'information produite. Ces cartes ne garantissent ni que les peuplements dans les parties les plus rouges de la carte dépériront à court, moyen, ou même long terme, ni que ceux situés dans les parties vertes survivront à coup sûr. L'utilisation de ces cartes s'inscrit dans une logique qui consiste, face à un contexte (inconfortable) d'incertitude (climatique, sanitaire...), à agir malgré tout, à s'adapter progressivement en fonction des changements, en tâchant d'avoir un temps d'avance. Ces cartes ont pour objectif d'aider à **organiser dans l'espace** à la fois la surveillance de l'état sanitaire des peuplements et l'anticipation d'une évolution dans le choix des essences-objectifs (en favorisant les essences du voisinage si elles sont plus résistantes, en apportant d'autres provenances/essences..., en réalisant des tests sous forme d'îlots d'avenir).

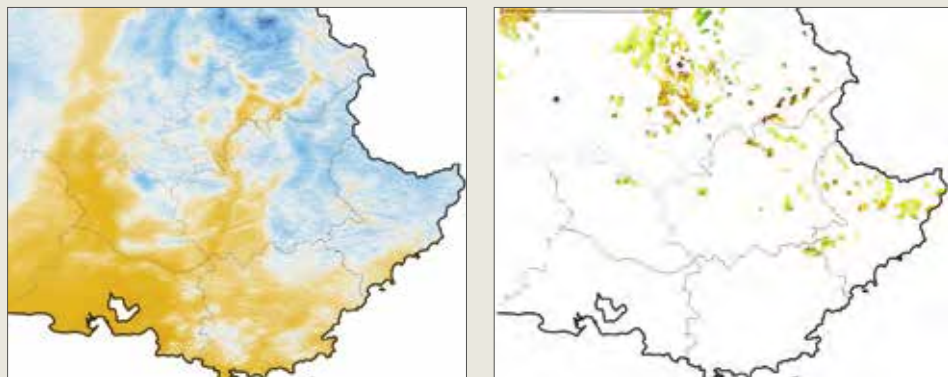
Elles n'ont pas vocation à être utilisées seules car d'autres facteurs peuvent influencer la vulnérabilité potentielle d'une essence dans un espace donné : la géologie et le sol, l'âge, la densité et le passé sylvicole des peuplements, des agents biotiques (champignons, ravageurs...); il est essentiel d'analyser ces éléments conjointement avec les cartes de vigilance.

Question 1 : faisant abstraction de scénarios climatiques futurs, multiples et inévitablement hasardeux, quels éléments me permettent d'estimer que mon peuplement, aujourd'hui en bonne santé, est menacé par l'aggravation des sécheresses ?

La position du peuplement par rapport aux limites méridionales des cartes européennes ou françaises de répartition de l'espèce est un premier indicateur. Les approches développées⁸ fournissent une réponse binaire : dans l'aire ou en-dehors, compatible ou pas.

L'outil de calcul des cartes de VCR apporte, quant à lui, une information graduée. Il permet :

- de situer la forêt sur une carte générale de BHC (colorisée du bleu à l'orange)
- de la comparer à l'ensemble des peuplements de l'essence considérée, au moins là où elle est identifiée par l'inventaire forestier national (IGN), que ce soit au niveau national, ou dans une Région, ou au sein de tout territoire correspondant à une entité de gestion forestière.



Carte générale de BHC (à gauche) et de VCR pour le Sapin pectiné (à droite)

⁸ Au niveau européen, on dispose notamment de deux sources d'information cartographique :

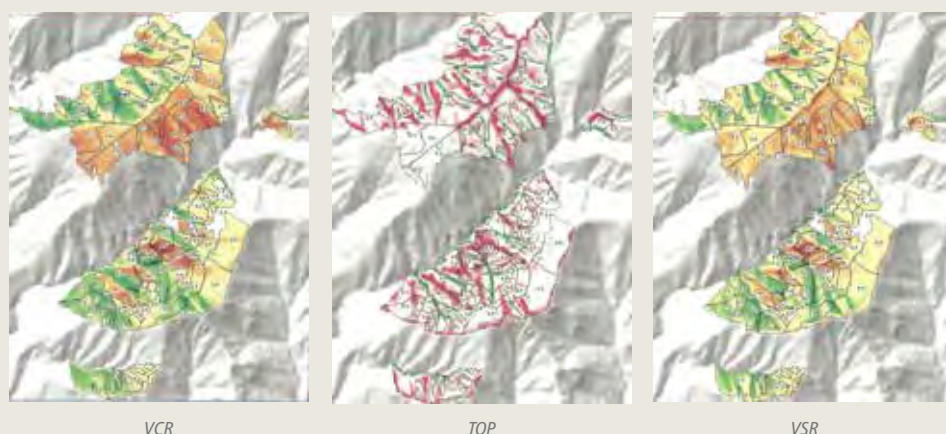
- les cartes chorologiques des principales espèces ligneuses européennes, qui décrivent l'enveloppe de l'aire naturelle https://figshare.com/collections/Chorological_maps_and_data_for_the_main_European_woody_species/2918528
 - la carte issue du programme EUFORGEN : <http://www.euforgen.org/>

Les cartes de BHC ou de VCR ne tranchent pas la question de la compatibilité climatique de l'espèce. Toutefois le gestionnaire forestier peut, d'une part, constater l'état sanitaire des peuplements qu'il gère, et d'autre part, grâce à ces cartes en gradient, identifier des forêts comportant la même essence et situées dans des conditions climatiques plus sévères, et s'enquérir auprès des gestionnaires de ces forêts de l'état des peuplements chez eux ; ces cartes invitent à un tel travail en réseau, grâce à une structuration géographique des résultats en gradient relatif.

Question 2 : dans ma forêt, quelles sont les situations les plus sèches, les peuplements les plus menacés, les priorités de mise en œuvre d'actions d'adaptation au changement climatique, évolution des choix d'essences-objectifs notamment ?

Toutes essences confondues :

On considère la carte de VSR. Sur une surface de cet ordre, les effets de topographie locale sont perceptibles. Les poids respectifs de la topographie et du bilan hydrique climatique sont calculés automatiquement en tenant compte de la variabilité de ces deux composantes sur la zone considérée, choix logique mais dont on peut critiquer le caractère arbitraire : quoi qu'il en soit, sur les cartes ci-dessous, on constate que cette combinaison (VSR) de TOP avec BHC fait apparaître une modulation topographique sans masquer les effets d'exposition que l'on note sur la carte de VCR, et qui continuent à structurer les deux cartes (VCR et VSR) de manière prépondérante.



Exemple de la FC de Clans, répartition des essences principales et carte de VSR. P.S (Pin sylvestre) plutôt en versants exposés au Sud, teintes orangées à rouge ; MEE (Mélèze d'Europe) et S.P (Sapin pectiné) plutôt sur des situations inverses du P.S ; CHY (Chêne pubescent) et A.F (Autres feuillus) souvent exposés au Sud. Vallons plus propices au Sapin, généralement absent en crêtes sur cette forêt.

Pour une essence donnée :

Dans ce cas, il est préférable de calculer des cartes de vigilance relative uniquement pour la partie occupée par cette essence. En cohérence avec le principe d'adéquation entre répartition et exigences des essences, la gamme de variation stationnelle, notamment climatique, est moins large sur la surface occupée par une essence que sur l'ensemble de la forêt. Et tant que la « pression » climatique ne s'exerce pas de manière forte, il peut être délicat de faire la part du jeu des différents facteurs, climatiques et autres, qui influencent l'état des peuplements de l'essence considérée. Des situations contradictoires peuvent être constatées.

Question 3 : *il apparaît des écarts voire des contradictions entre cartes de vigilance et état des peuplements. Comment cela peut-il s'expliquer ? Ces cartes sont-elles inutilisables ?*

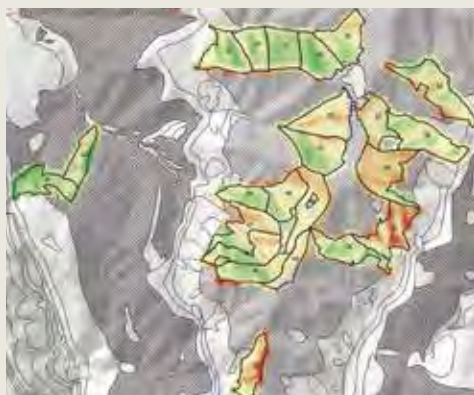
Voici une série d'explications possibles, selon les situations :

Explication 1 : *à l'heure actuelle, la contrainte climatique « sécheresse » n'est pas déterminante*

Dans une situation favorable où le niveau moyen de sécheresse est faible, il est possible qu'aucun lien n'apparaisse clairement entre l'état des peuplements et les cartes de vigilance relative, même si la gamme de variation climatique est forte dans la zone. Les cartes de vigilance relative gardent leur intérêt pour l'anticipation d'aggravations à moyen terme.

Explication 2 : *rôle prépondérant de la géologie et/ou des sols, à l'heure actuelle*

Dans une perspective d'aggravation climatique et d'adaptation de la gestion, ceci ne remet pas en cause l'utilité de cartes de vigilance s'appuyant essentiellement sur le climat. Il est possible que le réchauffement climatique, avec des sécheresses plus fortes et/ou plus fréquentes, produise un contexte où ces peuplements, en dépit d'un substrat géologique ou de sols plus favorables, souffrent davantage de cette aggravation que ceux situés dans des vallons, sur des versants plus abrités du rayonnement solaire. La carte ci-contre (VSR et géologie) présente un exemple concernant les hêtraies de la FC de Lucéram :



Légende : hachures = schistes noirs (priabonien) ; croisillons = calcaires à échinodermes et spongiaires, marnes grises (turonien-coniacien)

Alors que les parcelles 69 et 70 sont situées sur la carte de VSR en situation de sécheresse climatique moins contraignante, les observations de terrain indiquent au contraire que les hêtraies y sont moins bien venantes que dans les autres parcelles. La carte géologique montre une différence de substrat qui semble expliquer la discordance entre carte de vigilance et état des peuplements. Une carte de VSR intègre la topographie locale, qui influence les apports et départs potentiels d'eau et d'éléments du sol, et peut refléter en partie des différences – relatives – d'épaisseur du sol. Mais la topographie ne peut rendre compte de différences physiques et chimiques liées à la nature même des substrats géologiques, ni de leur caractère plus ou moins favorable à une pédogenèse conduisant à des sols plus ou moins épais.

Explication 3 : *rôle des caractéristiques des peuplements*

Un âge élevé joue souvent un rôle défavorable sur l'état sanitaire des peuplements. La densité, notamment si elle est très forte, le passé sylvicole sont également à considérer.

À noter qu'en matière sanitaire, de nombreux problèmes sont provoqués par des agents non liés à la sécheresse ; ils peuvent brouiller l'analyse du lien entre cartes de vigilance relative et état des peuplements.

Explication 4 : *appréciation difficile de l'état sanitaire des peuplements*

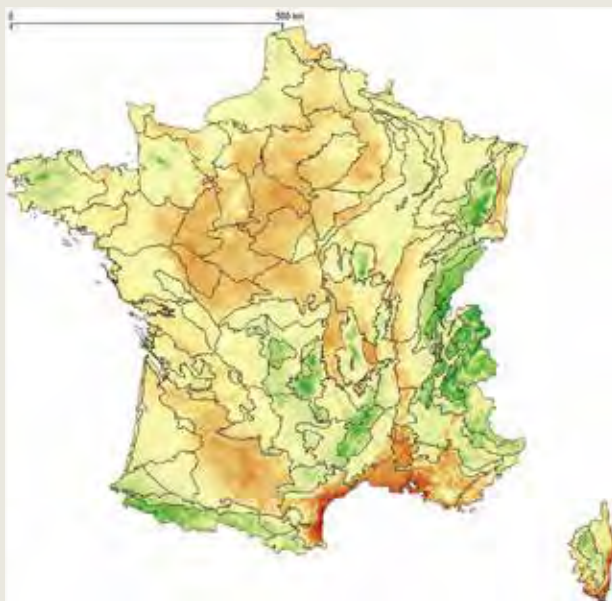
Notamment en cas d'unités de description fortement hétérogènes, en situation d'accès difficile (fortes pentes), il n'est pas aisé d'avoir une vue d'ensemble de l'état sanitaire d'une parcelle.

Explication 5 : *situation climatique non décrite par les cartes de vigilance relative*

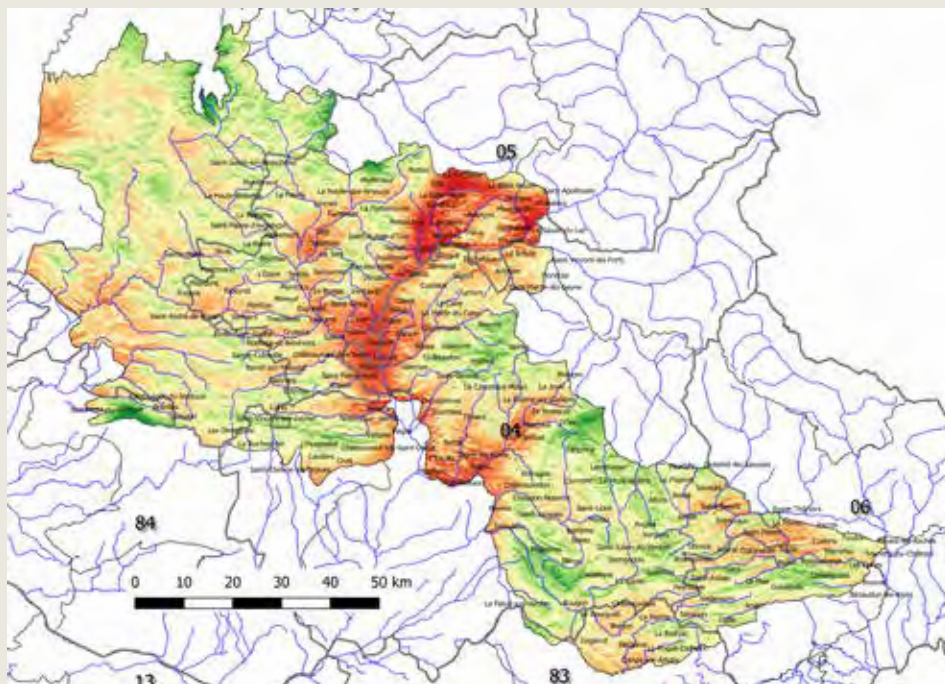
Ces cartes de vigilance relative prennent en compte uniquement le facteur climatique « sécheresse » : l'état des peuplements, leur évolution, peuvent être influencés par d'autres facteurs climatiques (froid, gel, par exemple).

ANNEXE 3 : CARTES DE VIGILANCE CLIMATIQUE RELATIVE
DES SYLVO-ÉCORÉGIONS DE PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

Les limites des sylvo-écorégions sont celles définies par l'Inventaire forestier national.



Limites des sylvo-écorégions sur la région PACA



Sylvo-écorégion des Alpes externes



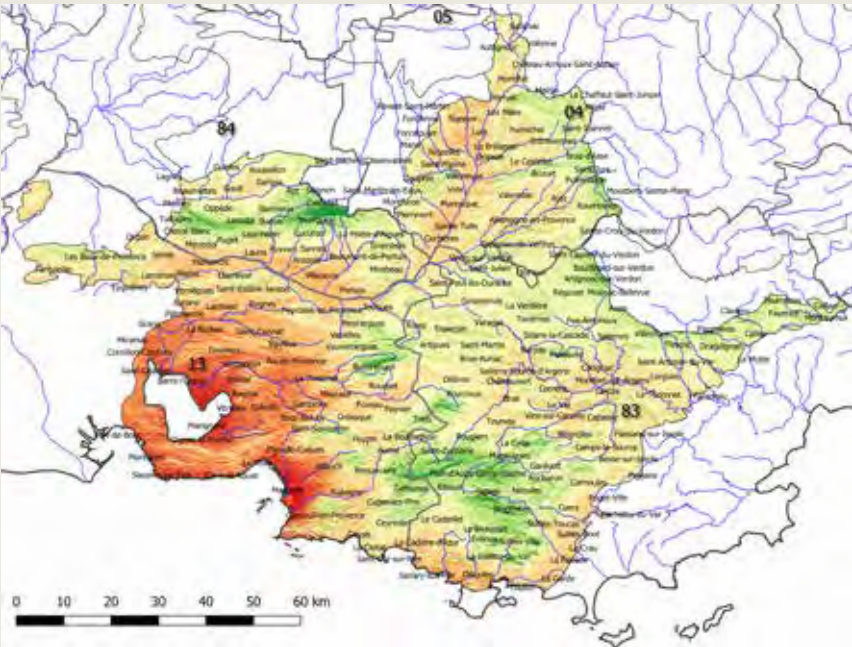
Sylvo-écoringion des plaines et collines rhodaniennes



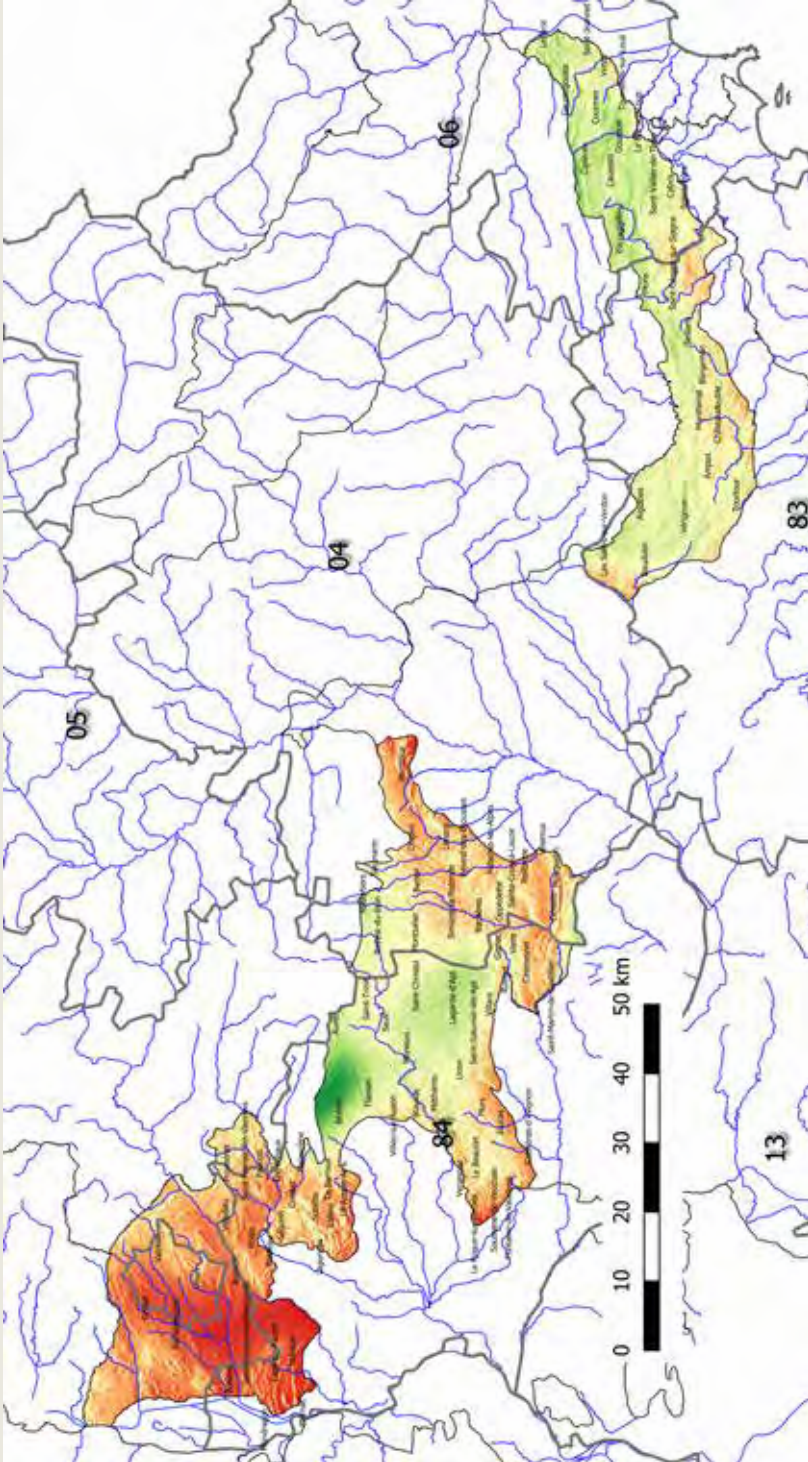
Sylvo-écoringion des secteurs niçois et préligure



Sylvo-écoringion des Maures et de l'Estérel



Sylvo-écoringion de la Provence calcaire



Sylvo-écorégion des Préalpes du Sud

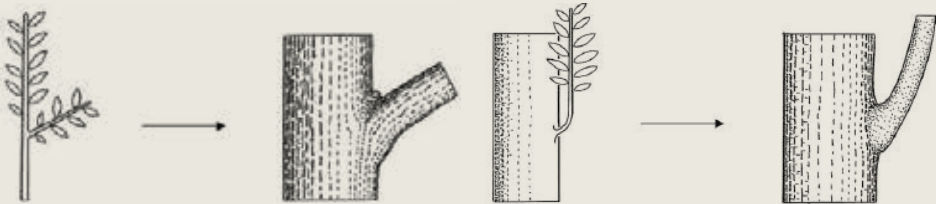
ANNEXE 4 : CLEFS ARCHI POUR LE SAPIN PECTINÉ,
LES PINS SYLVESTRE ET NOIRS ET LE CHÊNE PUBESCENT

Principes et besoin de formation

Le protocole est basé sur une évaluation

- de la ramification,
- des branches mortes,
- de l'apparition de suppléants selon leur orientation dans l'espace, leur vigueur, et leur nombre.

Il fait appel à des notions sur la lecture physiologique de l'architecture d'un houppier (exemple ci-dessous entre branche et gourmand) et nécessite une formation spécifique dispensée par le CNPF avant mise en pratique sur le terrain.



Différences entre une branche (à gauche) et un gourmand à droite. Source : Ch Drénou, CNPF

NB : un suppléant est une structure qui apparaît sur des parties anciennes, à partir de nouveaux méristèmes ou de méristèmes non mobilisés. Elle permet à l'arbre de s'adapter à l'environnement en modifiant, renforçant ou restaurant son architecture.

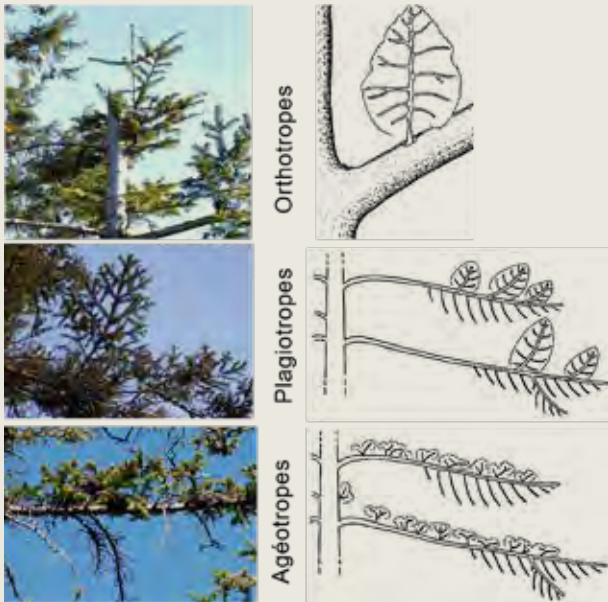


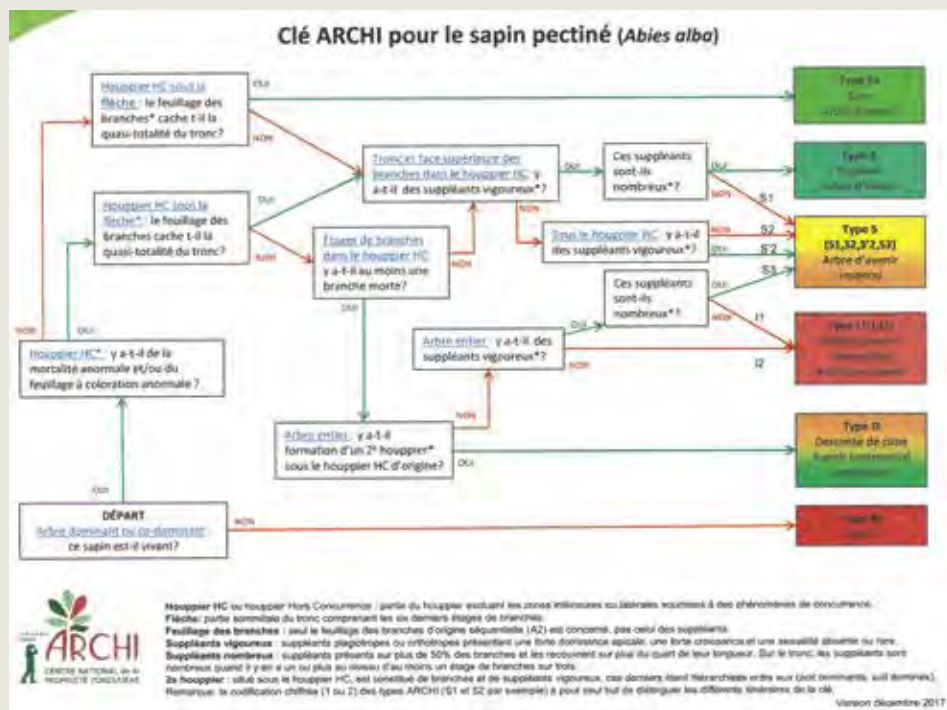
Illustration des trois types de suppléants pour le sapin pectiné. Source : Ch Drénou, CNPF

Un outil d'utilisation complémentaire à Dépéris

Cette approche s'avère utile pour affiner l'évaluation d'une situation de dépérissement massif où la majorité des arbres sont notés C ou D (notation intermédiaire) d'après le protocole Dépéris. De même à l'occasion du martelage, l'évaluation partagée entre marteleurs d'une référence d'arbre résilient et d'arbre irréversible permet de privilégier le prélèvement des arbres les plus en difficulté s'ils gênent un arbre présentant une bonne capacité de réaction.

Un enseignement issu des expériences d'utilisation de la méthode est la tendance du gestionnaire à plutôt sous-estimer la capacité de réaction d'un arbre. Ceci ne doit cependant pas conduire à ne pas récolter d'arbres qui présentent un potentiel de résilience. Le potentiel de résilience est un critère parmi d'autres à prendre en compte pour le prélèvement, au premier rang desquels - dans les situations de dépérissement de bois d'œuvre - le risque de perte de valeur commerciale associée au processus de dépérissement (exemples de l'apparition de gui et de certains pathogènes de faiblesse : insectes sous corticaux de type scolytes, insectes xylophage, champignons).

CLEF POUR LE SAPIN PECTINÉ

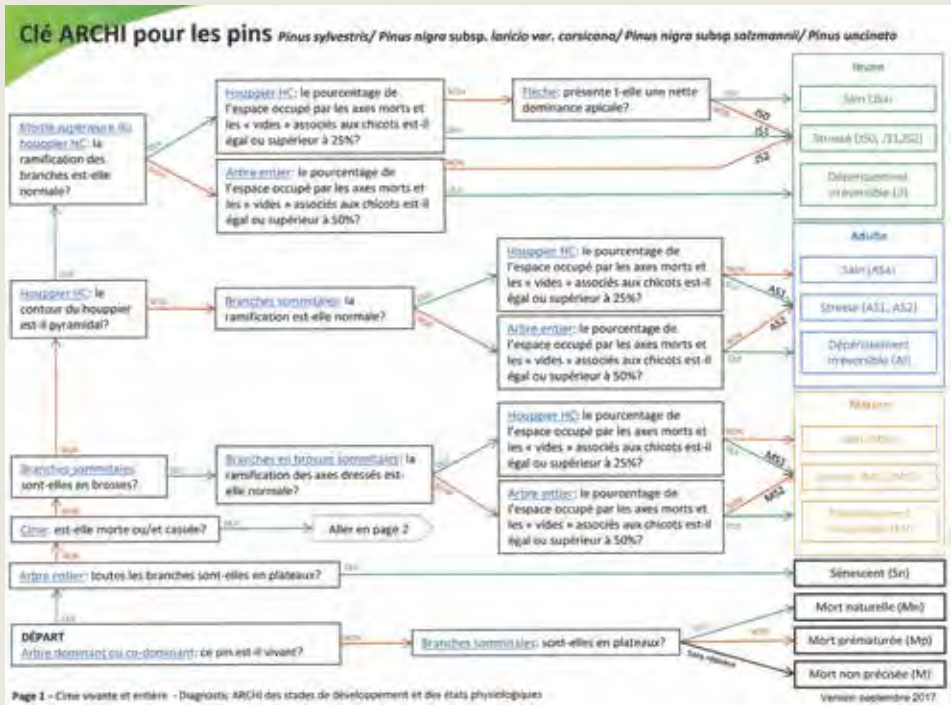


Source : Ch Dréno, CNPF, 2017. Pour approfondir : le diagnostic architectural, un outil d'évaluation des sapinières dépeérissantes, forêt méditerranéenne, 2013



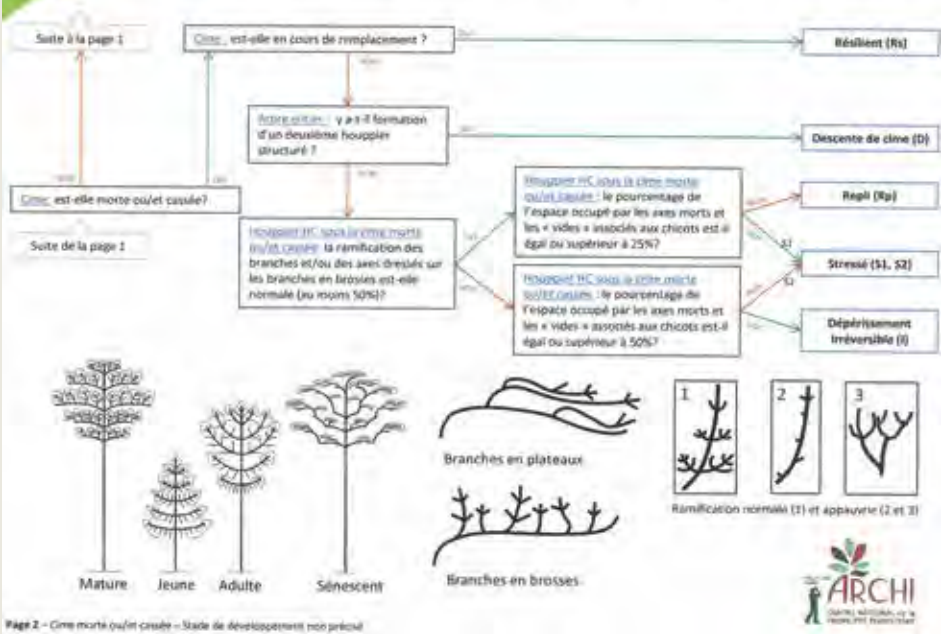
Illustration des types S1 – stressé (suppléments encadrés), S3 – stressé, I1 – dépérissement irréversible
(source : Ch Dréno, CNPF)

CLEF POUR LES PINS SYLVESTRE ET NOIR (ÉGALEMENT VALABLE POUR LE PIN À CROCHET)



Source : Ch Dréno, CNPF, 2017

Clé ARCHI pour les pins *Pinus sylvestris*/ *Pinus nigra* subsp. *laricio* var. *coelestis*/ *Pinus nigra* subsp. *salmannii*/ *Pinus uncinata*



Page 2 – Cime morte ou/et cassée – Stade de développement non précis

Source : Ch Dréno, CNPF, 2017

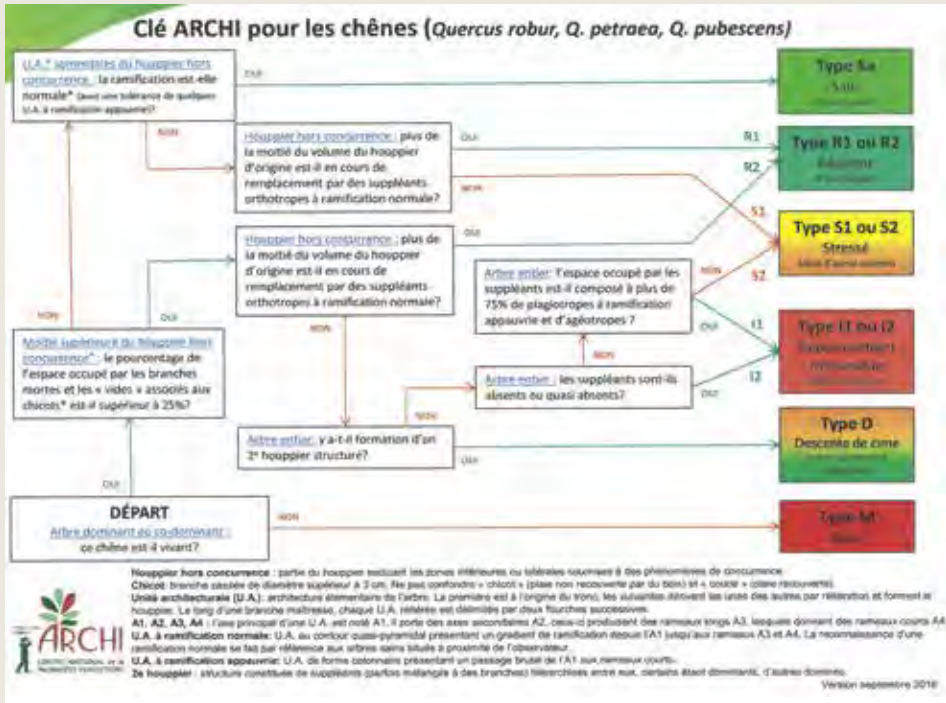


Illustration d'une ramification normale (1) et appauvrie (2 et 3). Source : Ch Dréno, CNPF



Illustration du type mature stressé
Source : Ch Drénou, CNPF

CLEF POUR LES CHÊNES (DONT CHÊNE PUBESCENT)



Source : Ch Drénou, CNPF, 2016

ANNEXE 5 : LISTE RÉGIONALE DES MFR ÉLIGIBLES EN RÉGION PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

Les documents ci-dessous sont extraits de l'arrêté préfectoral du 15 février 2021 « portant fixation des listes d'espèces et des matériels forestiers de reproduction éligibles aux aides de l'Etat sous forme de subventions ou d'aides fiscales pour le boisement, le reboisement et les boisements compensateurs après défrichement ». Celui-ci est consultable en ligne à l'adresse agriculture.gouv.fr/materiels-forestiers-de-reproduction-arretes-regionaux-relatifs-aux-aides-de-letat-investissement.

Liste des essences objectif et d'accompagnement éligibles en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Essences résineuses

ESSENCES		Catégories		
Nom commun	Nom latin	Essence réglementée par le code forestier	Essence objectif éligible	Essence d'accompagnement / diversification éligible
Cèdre de l'Atlas	<i>Cedrus atlantica</i>	X	X	X
Cèdre du Liban	<i>Cedrus libani</i>	X	X	X
Douglas vert	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	X	X	X
Epicéa commun	<i>Picea abies</i>	X	X	X
Mélèze d'Europe	<i>Larix decidua</i>	X	X	X
Mélèze hybride	<i>Larix x eurolepis</i>	X	X	X
Pin brutia	<i>Pinus brutia</i>	X	X	X
Pin cembro	<i>Pinus cembra</i>	X	X	X
Pin d'Alep	<i>Pinus halepensis</i>	X	X	X
Pin de Salzmann	<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>salzmannii</i>	X	X	X
Pin laricio de Calabre	<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>Laricio</i> var. <i>calabrica</i>	X	X	X
Pin laricio de Corse	<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>Laricio</i> var. <i>corsicana</i>	X	X	X
Pin maritime	<i>Pinus pinaster</i>	X	X	X
Pin noir d'Autriche	<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>nigra</i>	X	X	X
Pin pignon	<i>Pinus pinea</i>	X	X	X
Pin sylvestre	<i>Pinus sylvestris</i>	X	X	X
Sapin d'Espagne	<i>Abies pinsapo</i>	X	X	X
Sapin de Bornmüller	<i>Abies bornmulleriana</i>	X	X	X
Sapin de Céphalonie	<i>Abies cephalonica</i>	X	X	X
Sapin pectiné	<i>Abies alba</i>	X	X	X
Cyprès de l'Arizona	<i>Cupressus arizonica</i>			X
Cyprès de Provence	<i>Cupressus sempervirens</i>			X
Pin à crochet	<i>Pinus uncinata</i>			X

Essences feuillues

ESSENCES		CATÉGORIES		
Nom commun	Nom latin	Essence réglementée par le code forestier	Essence objectif éligible	Essence d'accompagnement / diversification éligible
Châtaigner	Castanea sativa	X	X	X
Chêne chevelu	Quercus cerris	X	X	X
Chêne liège	Quercus suber	X	X	X
Chêne pubescent	Quercus pubescens	X	X	X
Chêne vert	Quercus ilex	X	X	X
Cormier	Sorbus domestica	X	X	X
Eucalyptus ssp. ⁹	Eucalyptus spp.	X	X	
Hêtre	Fagus sylvatica	X	X	X
Merisier	Prunus avium	X	X	X
Noyer hybride	Juglans nigra x regia, Juglans major x regia	X	X	X
Noyer noir d'Amérique	Juglans nigra	X	X	X
Noyer royal	Juglans regia	X	X	X
Peuplier (cultivars hybrides)ssp. ¹⁰	Populus ssp.	X	X	X
Robinier faux-acacia	Robinia pseudoacacia	X	X	X
Alisier Blanc	Sorbus aria			X
Alisier torminal	Sorbus torminalis	X		X
Aulne à feuilles en cœur	Alnus cordata	X		X
Aulne blanc	Alnus incana	X		X
Aulne glutineux	Alnus glutinosa	X		X
Bouleau pubescent	Betula pubescens	X		X
Bouleau verruqueux	Betula pendula	X		X
Cerisier à grappe	Prunus padus			X
Charme	Carpinus betulus	X		X
Charme houblon	Ostrya carpinifolia			X
Erable à feuilles d'obier	Acer opalus			X
Erable champêtre	Acer campestre	X		X
Erable de Montpellier	Acer monspessulanum			X
Erable plane	Acer platanoides	X		X
Erable sycomore	Acer pseudoplatanus	X		X
Frêne à fleurs	Fraxinus ornus			X
Peuplier blanc	Populus alba			X
Peuplier noir	Populus nigra	X		X
Poirier sauvage	Pyrus communis			X
Pommier sauvage	Malus sylvestris	X		X
Sorbier des oiseleurs	Sorbus aucuparia			X
Tilleul à grandes feuilles	Tilia platyphyllos	X		X
Tilleul à petites feuilles	Tilia cordata	X		X
Tremble	Populus tremula	X		X

⁹ Cette essence ne pourra être utilisée que pour réaliser des taillis à courte rotation

¹⁰ Liste détaillée des clones éligibles en annexe 2

Liste régionale des matériels forestiers de reproduction éligibles

Essences éligibles en PACA	Zones d'utilisation: GRECO et/ou sylvoécovégions (SER)		Matériels conseillés		Autres matériels utilisables		Remarques
	Code et nom	Nom	Cat. (1)	Nom	Cat. (1)	Nom	
Alisier torminal	H, J	Toutes	Altitude inf. à 1000m : ST0902-France méridionale	I			
Aulne à feuilles en cœur	H	Alpes - Toutes SER	Altitude inf. à 1000m : ACO800-Corse, ACO901-France hors Corse	I	Altitude inf. à 1000m : Italie: Campania-R2, Calabria	S	
Aulne blanc	J	Méditerranée - Toutes SER	ACO800-Corse, ACO901-France hors Corse	I	Italie: Campania-R2, Calabria	S	
Aulne glutineux	H	Alpes - Toutes SER	AIN531-Alpes-Jura-Alsace	I			
	H	Alpes - Toutes SER	AGL901-Nord Est et montagnes	I	AGL130-Ouest	I	
	J	Méditerranée - Toutes SER	AGL700-Région méditerranéenne	I			
Bouleau pubescent et verruqueux	H	Alpes - Toutes SER	BPU901-Nord Est et montagnes BPE901-Nord Est et montagnes	I I			
	H30	Alpes externes du Sud	Entre 400 et 800m d'altitude : CAT-PP-001, CAT-PP-002, CAT-PP-003	T, T, T			
	H41	Alpes intermédiaires du Sud	Altitude sup. à 800m : CAT900, CAT-PP-001, CAT-PP_002, CAT-PP-003	S, T, T, T	Entre 400 et 800 m d'altitude : CAT900	S	Dans les zones où les peuplements testés n'ont pas été évalués, l'ensemble des sources de graine (testées et sélectionnées) sont conseillées, dans un intérêt de diversification des matériels forestiers utilisés en reboisement.
	H42	Alpes internes du Sud	CAT900, CAT-PP-001, CAT-PP-002, CAT-PP-003	S, T, T, T			
Cèdre de l'Atlas	J22	Plaines et collines rhodaniennes et languedociennes	Entre 400 et 800 m d'altitude : CAT-PP-001, CAT-PP-002, CAT-PP-003	T, T, T			
	J23	Provence calcaire	Entre 400 et 800 m d'altitude : CAT-PP-001, CAT-PP-002, CAT-PP-003	T, T, T			
	J24	Secteurs niçois et préfigure	Altitude sup. à 800 m : CAT900, CAT-PP-001, CAT-PP-002, CAT-PP-003	S, T, T, T	Entre 400 et 800 m d'altitude : CAT900	S	
	J30	Maurès et Esterel					
	J40	Préalpes du Sud					
Cèdre du Liban	J	Méditerranée – Toutes SER	Turquie, Taurus oriental : Ermenek, Aslan koy, Pozanti	S			A l'exclusion de toute autre provenance.
Charme	H	Alpes – Toutes SER	CBE901-Nord Est et montagnes	I			
Châtaignier	H41	Alpes intermédiaires du Sud	Valgaudemar, Champsaur : CSA901 - Centre-Est	S	Valgaudemar, Champsaur : CSA902 - Sud-Ouest	S	

Essences éligibles en PACA	Zones d'utilisation: GRECO et/ou sylvocoréions (SER)	Matériels conseillés		Autres matériels utilisables		Remarques
		Code et nom	Nom	Cat. (1)	Nom	
Chêne chevelu	H30 Alpes externes du Sud	Préalpes de Haute-Provence : QCE571-Alpes Niçoises Autres régions forestières nationales : QCE901				
	H41 Alpes intermédiaires du Sud	Alpes niçoises et Haut Var : QCE571-Alpes Niçoises Autres régions forestières nationales : QCE901			QCE571-Alpes Niçoises	I
	H42 Alpes internes du Sud	Haute Tinée : QCE571-Alpes Niçoises Autres régions forestières nationales : QCE901-France			QCE901-France, QCE571-Alpes Niçoises	I, I
	J22 Plaines et collines rhodaniennes et languedociennes				QCE571-Alpes Niçoises	I
Chêne liège	J23 Provence calcaire	QCE901-France				
	J24 Secteurs niçois et préligure	QCE571-Alpes Niçoises				
	J30 Maures et Esterel	Coteaux niçois et Esterel : QCE571-Alpes Niçoises Autres régions forestières nationales : QCE901-France			QCE571-Alpes Niçoises	I
	J40 Préalpes du Sud	Plans et piémonts de Haute-Provence : QCE571-Alpes Niçoises Autres régions forestières nationales : QCE901-France				
Chêne pubescent	J30 Maures et Esterel	QSU702-Maures et Esterel		S, I	QSU 761 Pyrénées Orientales, QSU800-Corse	S, I, I Attention aux exigences de sol acide et de bon ensoleillement.
	H30 Alpes externes du Sud					
	H41 Alpes intermédiaires du Sud	Altitude sup. à 400 m : QPU751-Provence			Altitude sup. à 400 m : QPU741-Languedoc	I
	H42 Alpes internes du Sud	Altitude sup. à 400 m : - Plaine de la Crau, Comtat : QPU751-Provence - Autres régions forestières nationales : QPU741-Languedoc			Altitude sup. à 400 m : - Plaine de la Crau, Comtat : QPU741-Languedoc - Autres régions forestières nationales : QPU751-Provence	I I I A réserver aux sols les plus profonds
Chêne vert	J23 Provence calcaire	Altitude sup. à 400 m : QPU751-Provence			Altitude sup. à 400 m : QPU741-Languedoc	I
	J24 Secteurs niçois et préligure	Altitude sup. à 400 m : QPU751-Provence				
	J30 Maures et Esterel	QIL701-Languedoc			QIL362-Sud-Ouest	I
	J40 Préalpes du Sud	Alpilles : QIL701-Languedoc Autres régions forestières nationales : QIL782-Provence-Corse			Alpilles : QIL362-Sud-Ouest	I
Chêne vert	J23 Provence calcaire	QIL782-Provence-Corse				
	J24 Secteurs niçois et préligure	Tricastin : QIL701-Languedoc Autres régions forestières nationales : QIL782-Provence-Corse			Tricastin : QIL362-Sud-Ouest	I
	J30 Maures et Esterel					
	J40 Préalpes du Sud					

Essences éligibles en PACA	Zones d'utilisation: GRECO et/ou syvoécorégions (SER)		Matériels conseillés		Autres matériels utilisables		Remarques
	Code et nom	Nom	Cat. (1)	Nom	Cat. (1)		
Cormier	H, J Toutes	Bellegarde-VG, SD9000-France	Q1				
		Toutes altitude: PME-VG-001, PME-VG-002 PME-VG-003, PME-VG-004 PME-VG-005, PME-VG-007, PME-VG-008	T Q Q Q	Altitude inf. à 800 m: PME901 Altitude sup. à 800m: PME902	S S		
Douglas	J	Méditerranée - Toutes SER		PME-VG-001, PME-VG-002 PME-VG-003, PME-VG-004 PME-VG-005, PME-VG-006, PME-VG-007, PME-VG-008	T Q Q Q	Attention, le verger Californie PME-VG-006 est très sensible aux gelées tardives.	
	H30	Alpes externes du Sud	S	Altitude sup. à 1000 m : PAB509-Alpes méridionales	S		
	H41	Alpes intermédiaires du Sud	S	Champsaur, Valgaudemar : - entre 1000 et 1600 m : PAB507-Hautes Alpes moyenne alt. - alt. supérieure à 1600 m : PAB508-Hautes Alpes haute altitude Autres régions forestières nationales : - alt. supérieure à 1000 m : PAB509-Alpes méridionales	S	Attention, entre 600 et 800m d'altitude, seules les plantations en mélange (50% maximum) doivent être considérées.	
	H42	Alpes internes du Sud	S	Altitude sup. à 1000 m : PAB509-Alpes méridionales	S		
Erable champêtre	H	Alpes - Toutes SER	I	ACA901-Nord Est et montagnes			
Erable plane	H	Alpes - Toutes SER	I	AP1902-Montagnes			
Erable sycomore	H	Alpes - Toutes SER	S	AP5500-Montagnes	S		
			S	APS400-Massif Central APS600-Pyrénées	I S		
Eucalyptus	J	Méditerranée - Toutes SER	T	208, 645, 1146	T		
	H30	Alpes externes du Sud	S	FSY751-Région méditerranéenne	S		
	H41	Alpes intermédiaires du Sud	S	Valgaudemar, Champsaur : FSY503-Alpes internes nord, FSY502-Préalpes du Nord Autres régions forestières nationales : FSY751-Région méditerranéenne	S		
Hêtre	H42	Alpes internes du Sud	S	FSY751-Région méditerranéenne	S		
	J23	Provence calcaire					
	J24	Secteurs niçois et préligure					
	J40	Préalpes du Sud					
Mélèze d'Europe	H30	Alpes externes du Sud	Q,T S,S	Altitude inf. à 1200m : LDE-VG-001, Vergers Sudetica (2) Altitude inf. à 1600m : LDE501, LDE503 Altitude sup. à 1600m : LDE502, LDE504	S		

Essences éligibles en PACA	Zones d'utilisation: GRECO et/ou sylvoécotérrains (SER)		Matériels conseillés		Autres matériels utilisables		Remarques
	Code et nom	Nom	Cat. (1)	Nom	Cat. (1)		
Mélèze d'Europe	H41	Alpes intermédiaires du Sud	Altitude inf. à 1200m : LDE-VG-001, Vergers Sudetica (2) Altitude inf. à 1600m : LDE501 Altitude sup. à 1600m : LDE502, LDE504	Q, T S S			
	H42	Alpes internes du Sud	Altitude inf. à 1600m : LDE501 Altitude sup. à 1600m : LDE502, LDE504	S S			
Mélèze hybride	H30	Alpes externes du Sud	LEU-VG-001, LEU-VG-002, LEU-VG-003	Q, T, Q	Danemark: FP201, FP636, PF626, FP618, FP237, FP638, FP651, FP673 Pays-Bas: Vaals et Esbeek Suède: FP-51	T, Q Q, T Q, Q, Q, Q, T, Q, Q	Le cultivar Parnasse n'est pas recommandé dans les zones exposées à la cyllindrosporose. Le cultivar Gardeline n'est pas recommandé sur les terrains à réserve en eau moyenne à faible sous climat méditerranéen.
	H	Alpes - Toutes SER	Tous les cultivars PAV-VG-001 l'Absie PAV-VG-003 Avessac PAV901-France	T Q Q S	PAV901-France	I	
Merisier	J	Méditerranée - Toutes SER			Tous les cultivars PAV-VG-001 l'Absie PAV-VG-003 Avessac PAV901 PAV901	T Q S I	L'utilisation des cultivars Boutonne, Gardeline, Monteil, Beautémon et Ameline nécessite une sylviculture intensive: plus grande fréquence de la taille et de l'élagage.
	H, J	Toutes	Altitude inf. à 800m : JN900-France	I			
Noyers hybrides	H, J	Toutes	Altitude inf. à 800m : tous les vergers à graines inscrits au registre	Q			Altitude inf. à 800m : JNR900-France et JMR900-France
Noyer royal	H, J	Toutes	Altitude inf. à 800m : JRE900-France	I			
Peuplier noir	H30	Alpes externes du Sud	Altitude inf. à 400m : Rhône Méditerranée-MC	Q			
	J	Méditerranée - Toutes SER	Altitude inf. à 400m : Rhône Méditerranée-MC	Q			

Essences éligibles en PACA	Zones d'utilisation: GRECO et/ou syvoecorégions (SER)		Matériels conseillés		Autres matériels utilisables		Remarques
	Code et nom	Nom	Cat. (1)	Nom	Cat. (1)		
Peupliers cultivés	H, J Toutes	Cultivars : voir la liste régionalisée en vigueur des cultivars de peuplier éligibles aux aides de l'Etat. Cette liste est actualisée tous les deux ans par le MAA après consultation d'un groupe d'experts nationaux.	T				
Pin d'Alep	J Méditerranée - Toutes SER	Altitude inf. à 600 m : PHA700-Région méditerranéenne	S	Altitude entre 600 et 900 m : PHA700-Région méditerranéenne	S	Au dessus de 600 m, les versants sud doivent être privilégiés.	
Pin brutia	J Méditerranée - Toutes SER	Provenances turques du Taurus oriental (région de Mersin Adana Pos) Provenances grecques	S ou I S				
Pin cembro	H Zone de montagne	Altitude sup. à 1400m : PCE501-Alpes internes	I				
Pin laricio de Corse et de Calabre	H, J Toutes	PL0-VG-002 PLA-VG-002	Q Q	PL0902-Sud Ouest PL0800-Corse	S S	Privilégier le pin laricio de Corse pour une production de qualité et le pin laricio de Calabre pour une production en volume.	
Pin maritime	J Méditerranée - Toutes SER	PPA-VG-009 Tamjout PPA700-Région méditerranéenne	Q S				
Pin noir d'Autriche	H, J Toutes	PN1902-Sud-Est	S	Peuplements bulgares Tsavaritsa et Vaksevo	S	Les peuplements bulgares ne sont à utiliser que dans un objectif de production en volume.	
Pin de Salzmann	H, J Toutes	PCL901-Cévennes-Grands Causses PCL902-Pyrénées orientales-Corbères	S S				
Pin pignon	H, J Toutes	Altitude inf. à 600m : PPE700-Région méditerranéenne PPE800-Corse	S S S	PPE700-Région méditerranéenne PPE800-Corse	I I		
	H30 Alpes externes du Sud	PSY501-Préalpes du Sud calcaire	S				
	H41 Alpes intermédiaires du Sud	PSY502-Alpes internes du Sud	S				
Pin sylvestre	H42 Alpes internes du Sud		S				
	J23 Provence calcaire	Altitude sup. à 800m : PSY501-Préalpes du Sud calcaire	S				
	J24 Secteurs niçois et préligure	Altitude sup. à 800m : PSY502-Alpes internes du Sud	S				

Essences éligibles en PACA	Zones d'utilisation: GRECO et/ou sylvoécotémoins (SER)		Matériels conseillés		Autres matériels utilisables		Remarques
	Code et nom	Nom	Nom	Cat. (1)	Nom	Cat. (1)	
Pin sylvestre	J40	Préalpes du Sud	Altitude sup. à 800m : PSY501-Préalpes du Sud calcaire Cultivars hongrois Appalachie, Jászkeséri, Kiskunsági, Nyírségi, Ulloi, Zalai, RozsaszinAC	S			
	H, J	Toutes	Vegetations à graines roumaines, hongroises et bulgares Peuplements sélectionnés roumains, bulgares et hongrois Putsztavacs et Nyírségi	T Q S			
Sapin de Bormuller	H30	Alpes externes du Sud	Altitude sup. à 800 m : ABO-VG-001	Q			Compte tenu du risque d'hybridation, aucune plantation ne doit être considérée à moins de 500 m des peuplements autochtones de sapin pectinés
	H41	Alpes intermédiaires du Sud	Altitude sup. à 300 m : ABO-VG-001	Q			
	J23	Provence calcaire	Altitude sup. à 800 m : ABO-VG-001	Q			
	J40	Secteurs niçois et préligure	Altitude sup. à 800 m : ABO-VG-001	Q			
	H30	Alpes externes du Sud	Altitude sup. à 600 m : ACE-VG-001	Q			
Sapin de Céphalonie	H41	Alpes intermédiaires du Sud	Altitude sup. à 300 m : ACE-VG-001	Q			
	H42	Alpes internes du Sud	Altitude sup. à 600 m : ACE-VG-001	Q			
Sapin d'Espagne	J	Méditerranée - Toutes SER	Altitude sup. à 1800 m : API901-Région méditerranéenne	Q			
	Toutes						
Sapin pectiné	H30	Alpes externes du Sud	Préalpes de Digne, Préalpes de Haute-Provence : AAL505- Préalpes de Haute-Provence Autres régions forestières nationales : AAL504-Alpes intermédiaires	S S S	Préalpes de Digne, Préalpes de Haute-Provence : néant Autres régions forestières nationales : AAL505-Préalpes de Haute-Provence AAL506-Mercantour	S S	
	H41	Alpes intermédiaires du Sud	Valgaudemar : AAL503-Alpes internes du Nord Alpes niçoises : AAL506-Mercantour Autres régions forestières nationales : AAL504-Alpes intermédiaires	S S S		S S S	
	H42	Alpes internes du Sud	Haute-Tinée : AAL506-Mercantour Queyras, Briançonnais : AAL503-Alpes internes du Nord Autres régions forestières nationales : AAL504-Alpes intermédiaires	S S S		S S S	
	H	Alpes - Toutes SER	TPL901-Nord Est et montagnes	I			
Tilleul à grandes feuilles	J	Méditerranée - Toutes SER	Altitude inf. à 1000m : TCO901-Montagnes	I			Attention au choix de la station et du versant
Tilleul à petites feuilles	J	Méditerranée - Toutes SER	TCO130-Ouest	I			Attention au choix de la station et du versant

ANNEXE 6 : PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES ESSENCES POUR LA DIVERSIFICATION

Les fiches ci-après, extraites de l'outil ClimEssences, correspondent aux principales essences potentielles mentionnées dans la partie 5, chapitre II b. Elles fournissent pour chacune les informations disponibles : exigences climatiques et édaphiques, ressources et diversité génétiques, croissance et production, services écosystémiques, mise en œuvre des MFR, vulnérabilité aux risques biotiques et abiotiques.

ABIES CEPHALONICA		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'informa- tion	Sources *rare ***abondante	
				expert	terrain
Présentation					
Nom latin	Abies cephalonica Loud.				
Essence (appellation principale)	Sapin de Céphalonie				
Essence (autre appellation1)	Sapin de Grèce				
Aspect général (texte)	Grand arbre pouvant dépasser 30 m de hauteur et 1,5 m de diamètre. Rameaux brun à brun rougeâtre puis jaunâtres, glabres. Aiguilles de 2 à 3 cm de long, rigides et acérées. Cônes dressés de 6 à 9 cm de long sur 3,5 à 4,5 cm de large, bruns à maturité; bractées saillantes perpendiculaires au cône.				
Localisation (texte)	Endémique des montagnes de Grèce entre 600 et 2 200 m d'altitude (optimum : 1000-2000 m) sur environ 200 000 ha : Épire (5 populations), Macédoine grecque (Monts Olympe et Athos), Péloponnèse (11 populations), Sterea Ellas (10 populations) et îles ioniennes (Kefallinia). La superficie de l'aire a diminué de 125 000 ha depuis 1988, soit 42 %, pour cause d'incendies.				
Climat général dans l'aire de distribution	Climat de type méditerranéen variable suivant les étages de végétation. Précipitations moyennes annuelles comprises entre 700 et 1 500 mm mal réparties (la sécheresse estivale pouvant s'étendre de mai à septembre) auxquelles s'ajoute de l'enneigement. Moyenne des minima des mois les plus froids : entre -7 et 3° C.				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance juvénile aux fortes sécheresses	Semble moyennement vulnérable à l'état jeune.	C	Moyenne	*	
Résistance adulte aux fortes sécheresses	Très résistant.	A	Bonne	**	
Adaptation aux climats déficitaires en eau	Globalement très résistant à la sécheresse (il supporte jusqu'à 5 mois secs, c'est le plus performant des sapins) grâce à une fermeture précoce des stomates.	A	Bonne	**	
Résistance aux fortes chaleurs (canicules)	Très résistant	A	Moyenne	*	
Résistance aux grands froids	Craint les très grands froids prolongés surtout dans le jeune âge mais supporte -25° C lorsqu'il est adulte. Sensibilité au gel au niveau du tron.	C	Moyenne	*	
Résistance aux gels précoces	Ne redoute pas les gels précoces.	A	Moyenne	**	
Résistance aux gels tardifs	Redoute les gelées tardives dans le jeune âge. Cependant, l'INRA d'Avignon a sélectionné des provenances à débournement tardif qui remédient en partie à ce problème (origine Mainalon : Vyřina).	C	Bonne	**	*
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	?	I			
Tolérance au calcaire	Se développe bien sur sols calcaires fissurés mais non squelettiques	A	Bonne	**	
Tolérance à l'acidité	Indifférent au pH.	A	Bonne	**	
Tolérance aux sols lourds	Redoute les sols argileux.	D	Bonne	**	
Ressources et diversité génétiques					
Rusticité et plasticité potentielles (dédites de l'aire de distribution)	Conditions climatiques de l'aire naturelle variables; il colonise des étages de végétation différents, de la partie supérieure du méso-méditerranéen jusqu'à la partie inférieure de l'oroméditerranéen.	B	Bonne	**	
Variété du matériel végétal disponible en France	Présent en arboretums et tests de provenances. Espèce réglementée. Un verger à graines français existe, ou bien provenances grecques d'importation du massif du Mainalon (Vyřina).	C	Bonne	**	

Croissance et production de bois					
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	15 à 25 m.	B	Moyenne	*	*
Productivité potentielle	4 à 10 m ³ /ha/an.	C	Moyenne	**	
Diversité des débouchés potentiels du bois	Bois de qualité comparable à celui d'Abies alba : charpente, menuiserie, parquet...	B	Bonne	**	
Intérêt économique avéré global de l'essence	Très utilisé en Grèce.	B	Bonne	**	
Autres services écosystémiques					
Effets sur la qualité de l'eau	?	I			
Limitation de l'érosion des terrains	Non spécifiquement utilisé en lutte contre l'érosion. Planté cependant dans le cadre de la politique RTM aux XIX et XX ^{ème} siècles.	B	Faible	*	
Intérêt paysager et récréatif	Intérêts paysagers et patrimoniaux comparables à ceux des autres sapins méditerranéens.	B	Moyenne	*	
Mise en œuvre des MFR					
Disponibilité potentielle des graines	Le verger à graines de Saint-Lambert (84) permet une production de graines françaises depuis peu.	B	Faible	*	
Disponibilité potentielle des plants	Le prix unitaire indicatif des plants dans une pépinière française en 2015 est de 1,71 € HT entre 500 et 5 000 plants achetés, en godets GR430.	B	Moyenne		*
Croissance initiale	Lente jusqu'à 15 à 18 ans. Mesures sur dispositifs INRA (selon les sites) : 15 à 25 cm pour les 13 premières années puis 26 et 40 cm sur les 7 années suivantes.	C	Moyenne	*	**
Rusticité à l'installation	Reprise plutôt facile à la plantation.	B	Moyenne		*
Tolérance à l'ombre	Essence sciaphile.	B	Moyenne	*	
Facilité de régénération naturelle	Régénération visible en arboretums. Hybridation possible avec l'ensemble des espèces européennes de sapins. Il existe un hybride spontané avec A.alba en Grèce et en Bulgarie nommé A.borisiis regis.	B	Moyenne	**	*
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance connue aux parasites actuellement présents en France	En France, sensibilité à Heterobasidion annosum, Phaeoellus schweinitzii et autres pathogènes habituels du sapin pectiné ainsi qu'à des Megastigmus invasifs sur les cônes comme M. suspectus. Touché aussi par Diorictria abietella.	B	Moyenne		*
Résistance potentielle aux parasites en général	En Grèce, il est touché par le gui (Viscum album f.abietis) et divers scolytes (Pityokteines spp. et Cryphelus piceae).	B	Moyenne	**	
Similarité du cortège parasitaire aire naturelle/France	On trouve dans le pays d'origine des agresseurs appartenant aux mêmes genres qu'en France, tant chez les insectes que chez les champignons lignivores et pourridés racinaires.	B	Bonne	**	
Résistance aux dégâts de gibier	Sensible au gibier.	C	Moyenne	*	*
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Aussi résistant que les autres sapins européens (enracinement pivotant lorsqu'il peut s'installer).	B	Bonne	**	
Résistance et/ou résilience aux incendies	Non résistant aux incendies, sauf en cas de feu courant. Par contre sa bonne couverture de sol permet de lutter contre l'embroussaillage.	C	Bonne	**	
Tolérances particulières connues (sel, pollution...)	Il semblerait peu sensible aux embruns mais craint la pollution à l'ozone.	B	Moyenne	*	
Résumé	Espèce très résistante à la sécheresse et à la chaleur, pourvu que les sols ne soient pas superficiels. En région méditerranéenne, utilisable potentiellement actuellement dans l'étage supérieur du chêne vert, celui du chêne pubescent et de la hêtraie thermophile. Il l'est aussi en secteur atlantique comprenant les basses montagnes du Massif central. Il faut veiller à employer des provenances à débourement tardif. Sa sensibilité au gel au niveau du tronc suite aux hivers à la fois très rudes et longs est un facteur quelque peu limitant. C'est une valeur sûre en secteur méditerranéen notamment sur sols à calcaire actif. Les vergers à graines français sont sur le point d'assurer une bonne production de graines.				

ABIES NORDMANNIANA SSP. EQUI-TROJANI		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'info	Sources *rare ***abondante	
Présentation				expert	terrain
Nom latin	Abies nordmanniana ssp. equi-trojani Coode & Cullen ; ex Abies bornmuelleriana Mattf.				
Essence (appellation principale)	Sapin de Bornmuller				
Aspect général (texte)	Grand arbre dépassant les 30 m de hauteur. Proche d'Abies alba mais plus encore d'A. nordmanniana dont il se distingue par la couleur des rameaux de l'année (brun orangé contre brun jaunâtre) et la présence de stomates sur la face supérieure des aiguilles. Aiguilles de 1,5 à 4 cm de long. Cônes dressés, bruns, à bractées saillantes, de 10 à 15 cm de long.				
Localisation (texte)	Nord-Ouest et Nord de la Turquie de 0 et 2 000 m d'altitude (Mont Ida, province de Balikesir). L'aire naturelle couvre 225 500 ha.				
Aire de distribution actuelle et aire naturelle					
Climat général dans l'aire de distribution	Climat montagnard avec des étés secs. Précipitations moyennes de 600 à 1 500 mm, au printemps et en automne sous forme de pluie et en hiver habituellement sous forme de neige. Chaque mois d'été reçoit un minimum de 30 mm en moyenne.				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance juvénile aux fortes sécheresses	A priori satisfaisante si enracinement correct.	B	Faible	*	
Résistance adulte aux fortes sécheresses	Supporte davantage la sécheresse à l'état adulte qu'A. nordmanniana comme en témoigne son comportement en France en 2003 et 2006.	A	Bonne	*	**
Adaptation aux climats déficitaires en eau	A priori bonne.	A	Moyenne	**	*
Résistance aux fortes chaleurs (canicules)	A priori bonne.	A	Faible	*	
Résistance aux grands froids	La résistance aux grands froids est bonne, comme le prouve sa présence en Haute-Margeride (-25° à -30 °C).	A	Moyenne	*	*
Résistance aux gels précoces	La résistance aux gels précoces est bonne.	B	Moyenne	*	*
Résistance aux gels tardifs	L'un des sapins les moins touchés par les gelées de printemps, il débourne encore plus tard qu'Abies nordmanniana (mais un peu avant A. numidica).	B	Bonne	*	*
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	N'apprécie pas l'hydromorphie.	D	Moyenne	*	
Tolérance au calcaire	Pousse principalement sur sols carbonatés.	A	Bonne	**	*
Tolérance à l'acidité	Supporte sans difficulté les substrats acides.	B	Bonne	*	*
Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (déduites de l'aire de distribution)	Conditions de l'aire naturelle plutôt homogènes.	B	Moyenne	*	
Variété du matériel végétal disponible en France	Présent dans de nombreux parcs, arboretums, dispositifs ONF et Inra. Deux peuplements porte-graines à Cayrols (15) et au Plachet (52). Deux vergers à graines de 5 ha chacun dans le Lot (Haute Serre et La Luzette), dont 3 ha récoltés à fins de sapins de Noël. Essence soumise à réglementation.	B	Bonne	**	
Croissance et production					
Durée de révolution potentielle	Estimée entre 60 et 100 ans.	C	Bonne	*	*
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	20 à 25 m.	B	Moyenne	*	*
Productivité potentielle	6 à 14 m3/ha/an.	C	Moyenne	*	*
Diversité des débouchés potentiels du bois	Bois employé en construction. La densité pourrait être plus faible que celle d'Abies alba.	B	Moyenne	*	
Autres services écosystémiques					
Limitation de l'érosion des terrains	Non utilisé contre l'érosion mais y contribue dans son aire naturelle.	B	Moyenne	*	
Intérêt paysager et récréatif	Intérêt paysager et patrimonial quelconque mais très utilisé comme arbre de Noël.	B	Bonne		**
Mise en œuvre des MFR					
Disponibilité potentielle des graines	Facilitée par l'existence d'un peuplement porte-graines français récolté régulièrement (Cayrols, 15).	B	Bonne		**
Disponibilité potentielle des plants	Prix des plants indicatif en pépinière en 2015 : 1,41 € HT l'unité entre 500 et 5 000 plants achetés (godets GR 350/400).	B	Moyenne		*
Croissance initiale	Croissance moyenne annuelle en hauteur sur 20 ans dans un dispositif INRA : 28 cm ; mais atteint sur les 7 dernières années 37,5 cm.	C	Moyenne		*
Rusticité à l'installation	Reprise facile à la plantation. Il ne nécessite pas d'être planté sous abri.	A	Moyenne		*
Facilité de régénération naturelle	Régénération naturelle présente dans le peuplement porte-graines du Cantal. Hybridation possible avec l'ensemble des sapins méditerranéens.	B	Faible	*	*

Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance connue aux parasites actuellement présents en France	Sensible au fomès (<i>Heterobasidion annosum</i>). Fructifications attaquées par un diptère du genre <i>Megastigmus</i> .	B	Faible		*
Résistance potentielle aux parasites en général	Gros dommages en Turquie causés par deux scolytes : <i>Pityokteines curvidens</i> , associé à <i>Cryphalus piceae</i> .	C	Moyenne	*	
Résistance aux dégâts de gibier	Potentiellement sensible au gibier.	C	Moyenne		*
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Potentiellement résistant (enracinement pivotant).	B	Moyenne	*	*
Résistance et/ou résilience aux incendies	Potentiellement vulnérable (écorce assez mince).	C	Faible	*	
Résumé	Sapin dont le bois est de qualité identique à celui d' <i>A. alba</i> , qui débouffe plus tardivement et montre un meilleur comportement vis-à-vis des chaleurs sèches qu' <i>A. nordmanniana</i> . Grande résistance au froid et au vent. Très plastique et rustique, c'est une des rares espèces proposées sur une vaste gamme climatique (montagnard, océanique, méditerranéen et continental). L'aire naturelle, assez petite, est à prospecter davantage.				

ABIES PINSAPO		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'info	Sources *rare ***abondante	
Présentation				expert	terrain
Nom latin	Abies pinsapo Boiss. et Abies marocana Trabut				
Essence (appellation principale)	Sapin d'Espagne				
Essence (autre appellation 1)	sapin du Maroc				
Aspect général (texte)	Grand arbre atteignant au moins 30 m de hauteur (50 m pour Abies marocana) pour 1,5 m de diamètre. Aiguilles vertes à bleuté avec des stomates sur les deux faces, disposées sur le dessus du rameau (A. marocana) ou nettement radiales (A. pinsapo). Cônes à bractées incluses, différents pour les deux espèces : 8 à 15 cm de long chez A. pinsapo (avec sommet très souvent plat) et 10 à 20 cm pour A. marocana avec un ombilic sommital toujours présent.				
Localisation (texte)	«Le sapin d'Espagne est endémique sur 3 300 ha (8 populations) en Andalousie dans trois secteurs : Sierra de Grazalema (province de Cadix), Sierra Bermeja et Sierra de Las Nieves (province de Malaga). Altitude de 900 à 1 600 m (peuplements purs au-delà de 1 100 m), en versants nord-ouest à nord-est. Populations considérées comme «en danger» par l'UICN. Le sapin du Maroc couvre environ 3 000 ha (2 populations) à l'extrême Nord du Maroc (Yebel Tazaout et Monts Chefchaouen) entre 1 400 et 2 000 m d'altitude. Entre 1938 et 1994, son aire naturelle à chuté de 70 % (exploitation abusive et dégradation de son milieu). Populations classées «en danger critique d'extinction» par l'UICN.»				
Climat général dans l'aire de distribution	Climat de type méditerranéen. Pluviométrie annuelle moyenne de 1 000 à 2 000 mm plutôt hors saison de végétation et parfois au printemps ; étés chauds et très secs. L'apport hydrique des chutes de neige contribue au maintien de l'espèce mais leur raréfaction au cours des années 1990 a fragilisé les populations en dessous de 1 000 m. Ces deux sapins sont très xérophiles. Abies pinsapo est le sapin européen qui reçoit le plus grand ensoleillement annuel.				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance juvénile aux fortes sécheresses	Réputée bonne.	B	Moyenne	*	
Résistance adulte aux fortes sécheresses	Supporte 4 mois secs au maximum (5 mois chez A. cephalonica).	A	Bonne	*	*
Adaptation aux climats déficitaires en eau	? A priori bonne.	B	Moyenne	*	
Résistance aux fortes chaleurs (canicules)	Particulièrement performant en cas d'épisode caniculaire grâce à une excellente régulation stomatique.	A	Bonne	*	
Résistance aux grands froids	Résistant aux grands froids sauf intenses et prolongés (ex. en février 1956 : gélivures sur le tronc et mortalité de la pousse terminale).	B	Moyenne	*	*
Résistance aux gels précoces	Bonne.	B	Moyenne	*	
Résistance aux gels tardifs	Médiocre.	D	Moyenne	*	
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	Se développe naturellement sur sols filtrants rocailleux (frais mais bien drainés).	D	Faible	*	
Tolérance au calcaire	Pousse sur sols calcaires dans son aire naturelle.	A	Bonne	*	
Tolérance à l'acidité	Tolère des pH moyennement acides. Sols de types dolomitiques, volcaniques, micaschistes ou serpentine dans son aire naturelle.	C	Moyenne	*	
Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (déduites de l'aire de distribution)	«Conditions de l'aire naturelle plutôt homogènes.	C	Moyenne	*	
Variété du matériel végétal disponible en France	Abies pinsapo est présent dans de nombreux parcs et arboretums, ainsi que dans des dispositifs ONF et Inra. Espèce réglementée. Abies marocana est beaucoup plus rare en collections et figure dans un dispositif Inra au Treps (83) ; espèce non réglementée.	C	Moyenne	*	*
Croissance et production					
Durée de révolution potentielle	Estimée entre 80 et 120 ans.	C	Moyenne	*	
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	15 à 20 m, voire 25 m.	C	Moyenne	*	*
Productivité potentielle	1 à 4 m ³ /ha/an.	D	Moyenne	*	
Diversité des débouchés potentiels du bois	Bois de bonne résistance mécanique, employé en coffrages, étais de mines, traverses, pilotis et papeterie. Débits trop nouveaux pour la charpente.	C	Moyenne	*	

Autres services écosystémiques					
Limitation de l'érosion des terrains	Peut tout à fait être utilisé en lutte contre l'érosion.	B	Faible	*	
Intérêt paysager et récréatif	Intérêt paysager et patrimonial à souligner : feuillage bleuté et port pyramidal attractif. Cet arbre a été un des éléments de distinction des parcs de la fin du XIX ^e siècle.	A	Bonne	*	*
Mise en œuvre des MFR					
Disponibilité potentielle des graines	Ces deux taxons sont menacés et il conviendrait d'étudier avec les services forestiers d'Espagne et du Maroc un programme de conservation de ressources génétiques hors de l'aire naturelle.	D	Bonne	*	
Disponibilité potentielle des plants	Disponibilité en plants soumise à l'autorisation des services forestiers espagnols (directive Habitat) et marocains (réserve de biosphère) car ces deux sapins sont protégés. Prix des plants indicatif en pépinière en 2015 : 1,63 € HT entre 500 et 5 000 unités en godets GR 350/400. Vendu occasionnellement en ornement, greffé ou non.	D	Bonne	*	*
Croissance initiale	Croissance initiale d'abord lente puis régulière à partir de 8 à 10 ans, pouvant atteindre une moyenne de 40 à 50 cm/an.	C	Moyenne	*	*
Rusticité à l'installation	Reprise facile à la plantation s'il est planté jeune.	B	Moyenne	*	
Facilité de régénération naturelle	Régénération visible en arboretums pour A. pinsapo et sous forme d'hybrides avec l'ensemble des espèces européennes.	B	Faible	*	*
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance connue aux parasites actuellement présents en France	«Sensible à des pourridiés racinaires (Armillaria mellea, Heterobasidion annosum). Il est aussi attaqué par des pucerons (Cinara confinis en particulier).	B	Faible		*
Similarité du cortège parasitaire aire naturelle/France	Introduit en France à la fin du XIX ^e siècle, A. pinsapo a été soumis à des attaques phytosanitaires du même ordre que dans son aire.	B	Moyenne	*	
Résistance aux dégâts de gibier	Potentiellement sensible au gibier.	C	Moyenne	*	
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Abies pinsapo est potentiellement résistant aux tempêtes (enracinement puissant).	B	Faible	*	
Résistance et/ou résilience aux incendies	Sensible au feu (écorce est assez peu épaisse) mais son couvert dense limite le développement de broussailles inflammables.	C	Faible	*	
Tolérances particulières connues (sel, pollution...)	Sensible à la pollution de l'air.	C	Faible	*	

CALOCEDRUS DECURRENS		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'info	Sources *rare ***abondante expert terrain	
Présentation					
Nom latin	Calocedrus decurrens Flor.				
Essence (appellation principale)	Calocèdre				
Essence (autre appellation 1)	Cèdre à encens				
Aspect général (texte)	Arbre de première grandeur pouvant atteindre 70 m de haut pour 4,5 m de diamètre. Port colonnaire mais pousse apicale droite. Écorce rougeâtre s'exfoliant en écailles puis en lanières longitudinales. Ramules portant des écailles et disposées sur un seul plan. Aromatiques au froissement. Seule la paire d'écailles centrales est fertile. Cônes petits (2 à 2,5 cm de long), allongés, composés de 6 écailles articulées sur leur base, à ombilic recourbé pointu et s'ouvrant à maturité.				
Localisation (texte)	Aire naturelle très allongée, entre 30° et 45° de latitude nord, de la Basse Californie mexicaine au Nord de l'Oregon, limitée à l'est par la Sierra Nevada. Altitude de 50 à 2000 m au nord et de 900 à 3000 m au sud.				
Aire de distribution actuelle et aire naturelle					
Climat général dans l'aire de distribution	Climat chaud en été et froid en hiver, caractérisé par de grands extrêmes thermiques (-34° à 48° C). Précipitations (neige comprise) de 380 à 2000 mm/an. Susceptible de capter les précipitations occultes (populations des chaînes côtières).				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance juvénile aux fortes sécheresses	Bonne résistance à la sécheresse à l'état jeune.	A	Moyenne	*	*
Résistance adulte aux fortes sécheresses	Bonne résistance à la sécheresse à l'état adulte.	A	Bonne	**	*
Adaptation aux climats déficitaires en eau	A priori bonne.	A	Moyenne	**	*
Résistance aux fortes chaleurs (canicules)	A priori bonne.	A	Moyenne	**	*
Résistance aux grands froids	Excellente (au moins -25° C).	A	Moyenne	**	
Résistance aux gels précoces	Bonne.	B	Moyenne	*	
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	Peut pousser en bords de rivières ou de lacs. Montre une grande tolérance aux conditions chaudes et sèches, y compris sur sols pauvres, mais préfère les sols profonds bien drainés.	C	Faible	*	
Tolérance au calcaire	«Accepte les sols calcaires mais avec une croissance faible. Néanmoins il peut exploiter le phosphore et le calcium contenu dans le sol tout en éliminant les excès de magnésium.	C	Faible	*	
Tolérance à l'acidité	pH de neutre à très acide. Croît sur des sols d'origine très variée, à texture allant de l'argile au sable grossier.	B	Moyenne	*	
Tolérance aux sols lourds	Ne supporte pas les argiles lourdes et les marnes.	D	Moyenne	*	
Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (déduites de l'aire de distribution)	Les conditions de l'aire naturelle sont plutôt homogènes au niveau du sol, mais les températures et les précipitations sont variables suivant la latitude, la longitude et l'altitude.	B	Moyenne	*	
Variété du matériel végétal disponible en France	Présent dans différents arboretums, dans l'arboretum ONF du Treps (83) et dans 6 dispositifs de Recherche Développement ONF (surtout en région méditerranéenne). 32 essais installés sur 40 ha par FCBA en 1985-88. Les origines californiennes y sont les plus performantes. Espèce non réglementée.	C	Moyenne	*	*
Croissance et production de bois					
Durée de révolution potentielle	80 à 120 ans.	C	Faible	*	
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	12 et 16 m en culture.	C	Faible	*	*
Productivité potentielle	Résultats FCBA: 7 m ³ /ha/an à 21 ans.	C	Faible	*	*
Diversité des débouchés potentiels du bois	Bois durable et aromatique. Utilisé en charpente (bonne résistance à la courbure et à l'affaissement), menuiserie extérieure, placages, poteaux. L'un des meilleurs bois (avec Juniperus virginiana) pour la fabrication des crayons.	A	Bonne	**	
Intérêt économique avéré global de l'essence	A priori prisé aux États-Unis.	B	Moyenne	*	

Autres services écosystémiques					
Limitation de l'érosion des terrains	Non utilisé pour la fixation des sols.	C	Faible	*	
Intérêt paysager et récréatif	Intérêt paysager (port et couleur de l'écorce) et patrimonial.	B	Moyenne	*	
Influence sur la qualité des sols	Apte à extraire le phosphore et le calcium du sol, à l'exclusion du magnésium excédentaire.	B	Faible	*	
Mise en œuvre sylvicole					
Disponibilité potentielle des graines	A voir auprès des services forestiers américains.	D	Faible	*	
Disponibilité potentielle des plants	Parfois commercialisé en pépinière forestière (par exemple 1,71 € HT/plant en 2015 pour 500 à 5000 plants) ou ornementale.	C	Moyenne	*	*
Croissance initiale	Croissance lente mais régulière: 30 à 40 cm/an.	C	Moyenne	*	*
Rusticité à l'installation	Reprise facile à la plantation.	A	Moyenne	*	*
Tolérance à l'ombre	Arbre à comportement social.	C	Faible	*	
Facilité de régénération naturelle	«Semis naturels observés en arboretum (la Jonchère, 87).	C	Faible	*	*
Propension à ne pas être invasive	A priori non invasif.	B	Faible	*	*
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance connue aux parasites actuellement présents en France	Sensible aux pourridiés généralistes: Armillaria sp., Phaeoellus schweinitzii et Heterobasidion annosum.	B	Faible		*
Résistance potentielle aux parasites en général	Aux États-Unis et au Canada, son feuillage est attaqué par une rouille (Gymnosporangium libocedri). A priori peu sensible à Seiridium cardinale.	B	Faible	*	
Similarité du cortège parasitaire aire naturelle/France	Cortège assez éloigné.	C	Faible	*	
Résistance aux dégâts de gibier	Potentiellement sensible.	B	Faible	*	
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Très résistant aux tempêtes (enracinement très puissant et particulièrement étalé).	A	Moyenne	*	
Résistance et/ou résilience aux incendies	Assez résistant (écorce épaisse).	B	Moyenne	*	
Résumé	Espèce très prometteuse dans le cadre de l'évolution climatique, trop peu testée et avec trop peu de provenances. Croissance initiale lente, mais excellente qualité de bois et bonne plasticité. Bon comportement vis-à-vis de la chaleur. A proposer en plaine et jusqu'en moyenne montagne en climat sous influence continentale, méditerranéenne ou atlantique.				

CEDRUS ATLANTICA		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'info	Sources *rare ***abondante expert terrain	
Présentation					
Nom latin	Cedrus atlantica Manetti				
Essence (appellation principale)	Cèdre de l'Atlas				
Aspect général (texte)	Grand arbre atteignant 45 m de haut pour plus d'1,5 m de diamètre. Port d'abord pyramidal puis tabulaire, avec grandes charpentières horizontales chez les sujets isolés. Écorce grise s'exfoliant en petites plaques quadrangulaires. Jeunes rameaux initialement pubescents. Aiguilles vertes ou glauques de 1,5 à 2,5 cm de long, groupées en rosettes de 30 à 45 unités. Cônes mûrs en un an, en forme de tonneau de 5 à 10 cm de long pour 4 à 5 cm de large, avec un ombilic au sommet, se désarticulant à maturité sur l'arbre. Différenciation très difficile avec le cèdre du Liban compte tenu de la variabilité importante au sein des deux espèces. Le seul critère fiable sur les sujets de 10 à 20 ans serait la disposition des aiguilles sur les rameaux: radiale chez le cèdre de l'Atlas, ébouriffée et désordonnée chez le cèdre du Liban.				
Localisation (texte)	Montagnes d'Afrique du nord (Maroc, Algérie) entre 1 300 et 2 600 m. Naturalisé en France méditerranéenne (introduit vers 1850), dans l'étage supra-méditerranéen et à la base de l'étage montagnard entre 600 et 1 000 m d'altitude en versant nord et entre 700 et 1 200 m en adrets (exclu au-dessous de 400 m). Ailleurs, possible jusqu'à 700 m dans les Vosges et le Jura, 1 000 m dans les Alpes du Nord, les Pyrénées et le Massif central voire 1 200 m dans les Alpes du Sud.				
Climat général dans l'aire de distribution	Moyennes montagnes en climat méditerranéen, à hygrométrie basse une bonne partie de l'année et luminosité forte. Précipitations moyennes annuelles de 500 à 2 000 mm (optimum: 800 - 1 500 mm en France); compensation possible d'une faible pluviométrie par l'eau dans le sol.				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance juvénile aux fortes sécheresses	Semis très sensibles aux fortes sécheresses en phase d'installation du fait d'une mauvaise régulation stomatique (observations lors de la sécheresse de 2003).	D	Faible	*	
Résistance adulte aux fortes sécheresses	Supporte les fortes sécheresses s'il a pu installer son enracinement puissant suffisamment profondément. Craint les vents hivernaux desséchants.	A	Moyenne	**	
Adaptation aux climats déficitaires en eau	Bien adapté aux climats à étés secs (2 à 4 mois secs). Sa réputation de craindre les brouillards est controversée.	A	Moyenne	**	
Résistance aux fortes chaleurs (canicules)	Supporte les fortes chaleurs (jusqu'à 41°C). Phénomène de rupture estivale de branches parfois constaté.	A	Moyenne	*	
Résistance aux grands froids	Craint les grands froids prolongés (au-dessous de -25°C).	B	Moyenne	*	
Résistance aux gels précoces	Sensibilité controversée.	C	Faible	*	
Résistance aux gels tardifs	Sensible aux gelées de printemps.	D	Moyenne	*	
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	Redoute nettement l'hydromorphie, même temporaire.	D	Bonne	**	**
Tolérance au calcaire	Tolère les sols calcaires, même superficiels, s'ils sont fissurés. Craint les excès de magnésium des sols dolomitiques.	A	Moyenne	**	*
Tolérance à l'acidité	Assez indifférent au pH (sauf excessivement acide), avec un optimum entre 4 et 6,5. Apprécie les sols meubles et profonds à texture hétérogène, sur roches siliceuses. N'apprécie pas cependant les sols sableux superficiels (arènes granitiques).	B	Bonne	**	*
Tolérance aux sols lourds	«Ne supporte pas les sols compactés (argiles lourdes, marnes).	D	Bonne	**	*
Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (dédites de l'aire de distribution)	A priori assez rustique car introduit en parcs dans de nombreuses régions, même si l'aire naturelle est réduite.	B	Faible	*	
Variété du matériel végétal disponible en France	Présent dans les arboretums scientifiques ONF et dans 13 essais de Recherche - Développement de l'ONF ainsi que dans un important réseau Inra de comparaison de provenances (françaises et de l'aire naturelle, incluant le cèdre du Liban) depuis 1971. En peuplements, la cédraie du Ventoux est la plus vaste d'Europe. Essence réglementée: une seule région de provenance (peuplements sélectionnés en étiquette verte: France entière) et trois peuplements en catégorie testée (étiquette bleue) en région méditerranéenne.	B	Bonne	**	**

Croissance et production de bois					
Durée de révolution potentielle	70 à 100 ans.	C	Moyenne	**	*
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	15 à 25 m suivant les stations.	B	Moyenne	**	*
Productivité potentielle	3 m3/ha/an en région méditerranéenne, jusqu'à 13 m3/ha/an en conditions favorables. Il existe une table de production et un modèle de croissance pour la zone méditerranéenne (Inra).	C	Moyenne	**	*
Diversité des débouchés potentiels du bois	Bois à duramen brun, odorant (oléorésines) et durable, dense (peu d'influence de la vitesse de croissance), à retrait faible mais à propriétés mécaniques assez moyennes (réputé cassant). Charpente (en surdimensionnant les débâts), menuiserie (même extérieure) et ébénisterie, palette, coffrage et papeterie. Défavorisé par sa branchaison importante.	B	Moyenne	**	*
Intérêt économique avéré global de l'essence	Marché assez limité mais essence appréciée localement.	C	Moyenne	*	
Autres services écosystémiques					
Limitation de l'érosion des terrains	Contribue à fixer et structurer les sols en montagne.	A	Moyenne	*	*
Intérêt paysager et récréatif	Très belle espèce ornementale. Son enracinement puissant peut poser quelques problèmes en milieu urbain. Nombreux cultivars ornementaux: 'Fastigiata', 'Glauc', 'Pendula' et 'Aurea' entre autres.	A	Bonne	**	*
Biodiversité associée	Apprécié de l'avifaune.	A	Moyenne	*	
Mise en œuvre des MFR					
Disponibilité potentielle des graines	Pas de problèmes de fourniture (peuplements porte-graines français).	A	Bonne	**	*
Disponibilité potentielle des plants	«Disponibilité correcte en pépinière forestière. Prix indicatif en 2015 : 0,79 €/T/plant en godet pour 500 à 5000 unités commandées.	B	Bonne	**	*
Croissance initiale	Peut atteindre 70 cm/an dans les meilleures conditions.	B	Moyenne	**	*
Rusticité à l'installation	Reprise difficile imposant l'usage de plants d'un an en godets anti-chignons d'au moins 400 cm3. Supporte mal la concurrence herbacée.	C	Moyenne	*	*
Tolérance à l'ombre	Espèce héliophile dès le plus jeune âge.	D	Moyenne	**	*
Facilité de régénération naturelle	«Régénération facile sur sols propres ou perturbés, en pleine lumière mais craint la concurrence herbacée. Hybridation avec Cedrus libani possible.	A	Bonne	**	*
Propension à ne pas être invasive	A priori non invasive malgré une dissémination facile.	B	Faible	*	
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance connue aux parasites actuellement présents en France	«Sensible aux pourridiés racinaires (Armillaria mellea, Phaeoellus schweinitzii) et au fomes (Heterobasidion annosum). Attaqué également par Sphaeropsis sapinea, pathogène opportuniste et de blessure favorisé par le réchauffement climatique. Sensible aux chenilles défoliatrices (Thaumetopoea pityocampa, Thaumetopoea bonjeani) et aux scolytes cambioiphages. Les jeunes plants sont victimes de l'hylobe (Hylobius abietis).	B	Moyenne	**	*
Résistance potentielle aux parasites en général	«Sensible à deux pucerons (Cedrobium laportei et Cinara cedri), une cochenille (Dynaspidiotus regnieri), deux tordeuses (Epinotia cedricida et E.algeriensis) et deux Megastigmus (M.schimitscheki et M.pinsapinis) qui détruisent les graines dans les cônes.	B	Moyenne	*	
Similarité du cortège parasitaire aire naturelle/France	Cortège assez voisin (Bassin méditerranéen).	B	Moyenne	*	
Résistance aux dégâts de gibier	Craint le gibier (frottis, écorçage et surtout aboutissement).	D	Bonne	*	
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Stable au vent (enracinement puissant) mais sensible aux bris de branches (sous l'effet du vent mais aussi du givre et de la neige lourde).	B	Moyenne	*	
Résistance et/ou résilience aux incendies	Potentiellement vulnérable aux incendies au niveau de l'écorce mais les aiguilles et la litière sont peu inflammables et le couvert dense limite la végétation arbustive.	C	Bonne	**	
Tolérances particulières connues (sel, pollution...)	Sensible à la carence en bore (port buissonnant) sur sols siliceux pauvres (granites). Résisterait à la pollution urbaine.	C	Faible	*	
Résumé	Espèce très intéressante pour son bois d'œuvre de qualité en zone méditerranéenne (de préférence dans l'étage du chêne pubescent). Pourrait être progressivement étendu, dans une perspective de réchauffement climatique, en basses montagnes et en plaines vers le Sud-Ouest, l'Ouest, puis le Centre et Nord-Est. Mais il ne s'agit pas d'une essence providentielle et il faut dans tous les cas que son enracinement puisse descendre en profondeur à l'état jeune. Par ailleurs, des incertitudes persistent sur son adaptation à un fort taux d'humidité atmosphérique.				

PINUS BRUTIA		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'info	Sources *rare ***abondante	
				expert	terrain
Présentation					
Nom latin	Pinus brutia Ten.				
Synonyme latin	Pinus halepensis ssp. brutia (Ten.) Holmb.				
Essence (appellation principale)	Pin de Brutie				
Aspect général (texte)	Arbre atteignant 35 m de hauteur, de belle forme, à écorce brun orangé. Feuilles groupées par deux de 8 à 18 cm de long. Cônes rougeâtres, cylindriques coniques dressés ou perpendiculaires au rameau, de 5 à 15 cm de long, portés par un petit pédoncule de 0,5 à 1 cm, sérotineux jusqu'à 3 ans et faciles à arracher. Proche du pin d'Alep (Pinus halepensis) plus tordu, à écorce gris blanchâtre, feuilles de 4 à 12 cm, cônes pendants au bout d'un pédoncule de 1 à 2 cm, rarement sérotineux et très difficiles à arracher.				
Localisation (texte)	Très présent en Turquie, mais aussi Nord-Est de la Grèce, îles égéennes, Crète, Irak, Syrie, Liban et Chypre entre 0 et 1500 m d'altitude (1000 m en versants nord).				
Climat général dans l'aire de distribution	Climat de type méditerranéen avec étés chauds, secs et longs suivis d'hivers doux et humides. Extrêmes de température: -25° C et 45° C (Turquie). Précipitations moyennes annuelles : 350 à 2000 mm.				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance juvénile aux fortes sécheresses	Résistant aux sécheresses à l'état jeune grâce à un fort pivot.	A	Bonne	***	**
Résistance adulte aux fortes sécheresses	Résistant aux fortes sécheresses à l'état adulte quoique un peu moins que le pin d'Alep.	A	Bonne	***	**
Adaptation aux climats déficitaires en eau	Bonne, mais demande une certaine humidité atmosphérique (proximité de la mer).	A	Bonne	**	**
Résistance aux fortes chaleurs (canicules)	A priori bonne.	A	Bonne	**	**
Résistance aux grands froids	Peu résistant aux grands froids mais plus que le pin d'Alep. A supporté -17° C hors zone méditerranéenne mais sans objectif de production.	C	Moyenne	**	
Résistance aux gels précoces	Assez résistant aux gels précoces sauf en cas de polycyclisme	C	Moyenne	*	
Résistance aux gels tardifs	Peu résistant.	D	Moyenne	*	
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	Craint les sols trop humides.	D	Moyenne	*	
Tolérance au calcaire	«Accepte les dolomies, marnes et sols à calcaire actif (même calcaires durs) ou à fort taux magnésien avec bons résultats.	A	Bonne	**	**
Tolérance à l'acidité	«Préférence pour les sols limoneux à pH neutre ou basique mais bons résultats sur sols siliceux, grès, sables, roches volcaniques ou cristallines.	C	Moyenne	**	
Tolérance aux sols lourds	Ne craint pas les sols marneux.	B	Moyenne	*	
Ecogramme					
Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (déduites de l'aire de distribution)	Conditions de l'aire naturelle variées (climat méditerranéen, maritime à continental) et forte amplitude altitudinale (0 à 1500 m).	B	Faible	*	
Variété du matériel végétal disponible en France	Présent dans quelques arboretums, surtout méditerranéens. 8 essais suivis par l'INRA et un par le FCBA. Espèce réglementée: pas de régions de provenances mais les matériels conseillés pour le Sud de la France sont issus de Turquie (Taurus oriental) ou Grèce. Important programme d'amélioration en Turquie sur 4000 ha (peuplements classés, parcs à clones, vergers à graines). Les provenances de plus belle forme sont situées au sud de la Turquie et en Crète.	C	Moyenne		*
Croissance et production de bois					
Durée de révolution potentielle	50 à 60 ans.	B	Moyenne	**	
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	De l'ordre de 21 m.	B	Moyenne	**	
Productivité potentielle	15 m3/ha/an à 35 ans.	B	Moyenne	**	
Diversité des débouchés potentiels du bois	Utilisé en menuiserie, charpente, caisserie et papeterie	B	Moyenne	*	
Intérêt économique avéré global de l'essence	Essence importante en Turquie, peu connu en France.	B	Moyenne	*	
Autres services écosystémiques					
Limitation de l'érosion des terrains	Contribue à lutter contre l'érosion sur pentes.	B	Moyenne	*	
Intérêt paysager et récréatif	Intérêt paysager et patrimonial : grand arbre à tronc rougeâtre et port caractéristique, souvent mis en valeur en arboretums.	B	Moyenne	*	

Mise en œuvre des MFR					
Disponibilité potentielle des graines	A voir auprès des services forestiers chypriotes, turcs et grecs.	D	Faible	*	
Disponibilité potentielle des plants	Rare en pépinière.	D	Faible	*	
Croissance initiale	Croissance initiale plutôt rapide : 65 cm/an à 15 ans dans les meilleures conditions.	B	Moyenne	**	
Rusticité à l'installation	Reprise facile à la plantation.	B	Moyenne	*	
Tolérance à l'ombre	Essence pionnière de pleine lumière.	D	Moyenne	*	
Facilité de régénération naturelle	Régénération abondante dans son aire, surtout après incendie. Semis observés à l'arboretum de Gratteloup-Ruscas (83).	A	Moyenne	*	
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance connue aux parasites actuellement présents en France	Sensible à l'Hylésine du pin (<i>Tomicus destruens</i>), au sténographe (<i>Ips sexdentatus</i>) et à la chenille processionnaire du pin (<i>Thaumetopoea pityocampa</i>).	B	Moyenne	**	*
Résistance potentielle aux parasites en général	Dans son aire, les populations stressées sont aussi atteintes par un scolyte : <i>Orthotomicus erosus</i> . Sensible également au champignon lignivore <i>Phellinus pini</i> .	B	Moyenne	*	
Similarité du cortège parasitaire aire naturelle/France	Cortège parasitaire très voisin (zone méditerranéenne).	A	Moyenne	*	
Résistance aux dégâts de gibier	Peu sensible au gibier.	A	Moyenne	*	
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Résistant aux tempêtes (enracinement puissant).	A	Moyenne	*	
Résistance et/ou résilience aux incendies	Résistance moyenne au feu surtout pour les arbres jeunes à écorce peu épaisse. Mais se régénère bien après incendie.	C	Moyenne	*	
Tolérances particulières connues (sel, pollution...)	Ne craint pas les embruns salés.	A	Faible	*	
Résumé	Pin de belle conformation, plus rustique et de meilleure morphologie que <i>P. halepensis</i> . A utiliser sur stations calcaires là où le pin larico et le pin sylvestre font défaut, jusqu'à 900m d'altitude. Ses limites en termes de rusticité hivernale sont à évaluer. Bon candidat dans un contexte de changement climatique				

PINUS HALEPENSIS		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'info	Sources *rare ***abondante	
Présentation				expert	terrain
Nom latin	Pinus halepensis Mill.				
Essence (appellation principale)	Pin d'Alep				
Aspect général (texte)	Arbre atteignant 20 m (rarement 25 m) de haut et 1,5 m de diamètre, souvent tordu, penché ou sinueux. Cime parfois en forme de parasol chez les vieux arbres. Écorce gris blanchâtre puis profondément fissurée. Rameaux vert clair, plus ou moins glauques et glabres. Aiguilles groupées par 2, de 4 à 16 cm de long, peu denses sur le rameau, luisantes et souvent vert clair. Cônes de 4 à 12 cm de long sur 3,5 à 9 cm de large, ovoïdes, jamais dressés et portés par un pédoncule de 1,2 à 2,2 cm (contrairement à ceux de Pinus brutia). Cônes quelque peu sérotineux, brun orangé à brun rougeâtre à maturité avec apophyses quasiment plates, ombilic dorsal plat et sans mucron. Pin polycyclique.				
Localisation (texte)	Présent en Espagne et Afrique du Nord et jusqu'au Liban. En France, il suit la côte méditerranéenne et monte au nord jusqu'à Sisteron à une altitude maximale de 900 m. Naturalisé en Corse. Sa superficie en France a été multipliée par 5 depuis 150 ans.				
Aire de distribution actuelle et aire naturelle					
Climat général dans l'aire de distribution	Climat semi-aride à méditerranéen humide. Pluviométrie de 200 (Afrique du Nord) à 1 500 mm annuels. Hivers tempérés et frais. Altitude en France inférieure à 800m.				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance juvénile aux fortes sécheresses	Bonne.	A	Bonne	*	*
Résistance adulte aux fortes sécheresses	Le plus thermophile des pins autochtones. Grande tolérance à la sécheresse bien au-delà de la période estivale (jusqu'à 6 mois).	A	Bonne	**	**
Adaptation aux climats déficitaires en eau	Bonne.	A	Bonne	*	*
Résistance aux fortes chaleurs (canicules)	Bonne.	A	Bonne	**	**
Résistance aux grands froids	Très faible sur jeunes sujets et limitée pour les adultes à quelques jours entre - 15° et - 18° C (si l'arbre est hors sève). La provenance la plus intérieure (au nord de Sisteron) mériterait d'être testée. Redoute le givre et la neige.	C	Bonne	**	*
Résistance aux gels précoces	A priori sensible (pousses tardives).	D	Faible	*	
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	Demande un substrat sec.	D	Faible	*	
Tolérance au calcaire	Très bonne; affectionne les sols calcaires. Ne craint pas les sols superficiels.	A	Bonne	**	**
Tolérance à l'acidité	Bonne. On le rencontre sur altérites siliceuses, sables dolomitiques.	B	Moyenne	*	*
Tolérance aux sols lourds	Il peut pousser sur argiles et marnes s'il n'y a pas d'hydromorphie.	B	Moyenne	*	*
Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (déduites de l'aire de distribution)	Les populations d'Afrique du Nord intérieure poussent dans un climat plus aride que celles du littoral méditerranéen et celles situées au nord de Sisteron sont réputées les plus résistantes au froid.	C	Faible	*	
Variété du matériel végétal disponible en France	Présent dans les arboretums méditerranéens mais y est peu performant. Espèce soumise à réglementation (une seule région de provenance en zone méditerranéenne).	B	Moyenne	*	*
Croissance et production de bois					
Durée de révolution potentielle	80 à 100 ans.	C	Moyenne	*	*
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	15 m.	C	Bonne	*	
Productivité potentielle	1 à 6 m ³ /ha/an.	D	Moyenne	*	*
Diversité des débouchés potentiels du bois	Bois clair. Petite charpente, caisserie, emballage, pilotis, chauffage.	C	Moyenne	**	*
Intérêt économique avéré global de l'essence	Importance économique moyenne en Provence du fait d'une forme médiocre. Anciennement gemmé (térébenthine de qualité), l'écorce était employée pour le tannage des peaux.	C	Bonne	**	**

Autres services écosystémiques					
Limitation de l'érosion des terrains	Il est tout à fait apte à fixer les sols pentus, rocailloux et superficiels.	A	Moyenne	*	
Intérêt paysager et récréatif	Élément important des paysages méditerranéens. Le tronc blanchâtre et souvent tortueux des vieux arbres et son feuillage vert clair le rendent attractif.	A	Bonne	*	
Influence sur la qualité des sols	Sa litière est améliorante sur sols calcaires.	B	Moyenne	*	
Mise en œuvre des MFR					
Disponibilité potentielle des graines	A priori bonne (31 peuplements sélectionnés: étiquette verte).	B	Moyenne	*	*
Disponibilité potentielle des plants	Commercialisé en reboisement (1,03 à 1,43 € en pépinière en 2015, à partir de 500 unités).	B	Bonne	*	*
Croissance initiale	8 à 75 cm par an durant la première décennie.	C	Moyenne	*	*
Rusticité à l'installation	Assez bonne.	B	Moyenne	*	
Facilité de régénération naturelle	Espèce spontanée qui se régénère naturellement aisément.	A	Bonne	**	**
Propension à ne pas être invasive	Sa régénération aisée lui permet de coloniser très rapidement les terres abandonnées.	C	Moyenne	*	*
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance connue aux parasites actuellement présents en France	Sensible à l'hylésine du pin (<i>Tomicus piniperda</i>), au champignon <i>Sphaeropsis sapinea</i> et à divers pourridiés racinaires. Très attaqué par le chancre (<i>Crumenulopsis sororia</i>). Attaqué dans son aire par deux chenilles processionnaires (<i>Thaumetopoea pytiocampa</i> et <i>T.wilkinsonii</i>).	C	Bonne	**	**
Résistance potentielle aux parasites en général	Fort potentiel de sensibilité à un parasite introduit des États-Unis (<i>Fusarium circinatum</i>) actuellement présent en Espagne.	D	Faible	*	
Résistance aux dégâts de gibier	Assez sensible au gibier.	C	Moyenne	*	
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	N'apprécie pas les vents violents mais les individus sur littoral montrent une relative bonne résistance.	C	Moyenne	*	*
Résistance et/ou résilience aux incendies	Sensible aux incendies. Néanmoins, une partie de ses cônes sont sérotineux et peuvent réensemencer des secteurs incendiés si la fréquence des feux est supérieure à 20 ans.	D	Bonne	**	**
Tolérances particulières connues (sel, pollution...)	Ne craint pas les embruns mais sensible à la pollution à l'ozone.	B	Moyenne	*	
Résumé	Essence spontanée en région méditerranéenne à maintenir où elle se trouve. Particulièrement inflammable d'autant plus que son houppier clair facilite l'embroussaillage. Apte à fixer des sols très pauvres et particulièrement superficiels. Forme générale médiocre qui fait qu'on lui préfère <i>Pinus brutia</i> quand cela est possible.				

PINUS HELDREICHII		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'info	Sources *rare ***abondante expert terrain	
Présentation					
Nom latin	Pinus heldreichii Christ.				
Synonyme latin	Pinus leucodermis Antoine				
Essence (appellation principale)	Pin de Bosnie				
Essence (autre appellation 1)	Pin leucoderme				
Aspect général (texte)	Grand arbre atteignant 35 m de haut pour 2 m de diamètre. Écorce grisâtre à blanchâtre puis couverte de plaques régulières (aspect de carapace de tortue). Feuilles groupées par 2, vert foncé, de 5 à 13 cm de long. Conelets et jeunes cônes violacés puis brun mat ou beige, de 5 à 11 cm de long, à écailles flexibles.				
Localisation (texte)	Originaire du Sud de l'Italie, de Grèce, d'Albanie, de Bulgarie et d'ex Yougoslavie (Macédoine, Serbie, Bosnie, Montenegro); de 900 et 2500 m d'altitude (« treeline »), en expositions ensoleillées et versants secs.				
Aire de distribution actuelle et aire naturelle					
Climat général dans l'aire de distribution	Climat montagnard. Pluviométrie moyenne d'environ 1000 mm/an (hors enneigement); extrêmes thermiques: -30°C et 38° C.				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance juvénile aux fortes sécheresses	Résistance juvénile aux sécheresses prolongées à confirmer (le développement d'un enracinement suffisant semble nécessaire).	C	Faible	*	*
Résistance adulte aux fortes sécheresses	Les arbres adultes supportent des périodes de sécheresse.	B	Bonne	**	
Adaptation aux climats déficitaires en eau	A priori correcte.	C	Faible	**	
Résistance aux grands froids	Résistance aux grands froids excellente (au dessous de -25°C). Résiste à la neige lourde et au givre.	A	Bonne	**	**
Résistance aux gels précoces	Pas de dégâts constatés en arboretums.	A	Faible	*	*
Résistance aux gels tardifs	Pas de dégâts constatés en arboretums. Dégâts potentiels si une provenance montagnarde est introduite en plaine.	C	Faible	*	*
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance au calcaire	Tolère dans son aire les sols d'origine calcaire (dolomies) et les serpentines.	A	Bonne	**	*
Tolérance à l'acidité	Ne craint pas les sols acides.	A	Bonne	**	
Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (déduites de l'aire de distribution)	Conditions de l'aire naturelle plutôt homogènes mais il existe néanmoins quelques populations plutôt continentales. Gradient altitudinal assez étalé (900 à 2500 m). Les populations italiennes ont une faible diversité génétique (30% d'autofécondation).	C	Faible	*	
Variété du matériel végétal disponible en France	Quelques provenances présentes dans les arboretums scientifiques ONF et dans un arboretum montagnard d'IRSTEA Grenoble. A disparu des arboretums méditerranéens. Présent dans une dizaine d'autres arboretums. Espèce non réglementée.	D	Bonne	**	*
Croissance et production de bois					
Durée de révolution potentielle	80 à 100 ans.	C	Faible	**	
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	12 à 15 m.	C	Faible	**	
Diversité des débouchés potentiels du bois	Utilisé en construction, caisserie et traverses de chemin de fer dans son aire.	C	Moyenne	*	
Intérêt économique avéré global de l'essence	Moyen.	C	Faible	*	
Autres services écosystémiques					
Limitation de l'érosion des terrains	Utilisé en lutte contre l'érosion.	A	Moyenne	**	**
Intérêt paysager et récréatif	Intérêt paysager avéré: écorce blanchâtre en plaques, port particulier, cônes(et conelets bleutés. Le cultivar 'Sentinel' est commercialisé en ornement. Il existe des cultivars de très petites dimensions : 'BandERICA', 'Satellit', 'Compact Gem' et 'Schmidtii'. Il a un statut d'espèce protégée en Bulgarie.	A	Bonne	**	*

Mise en œuvre des MFR					
Disponibilité potentielle des graines	Disponibilité en graines à confirmer auprès des services forestiers des pays des Balkans ainsi qu'en Italie.	D	Faible	*	
Disponibilité potentielle des plants	Plants trouvables en pépinières forestières (1,53€T en godet en 2015) mais à distinguer des cultivars ornementaux (parfois nains).	D	Bonne	*	*
Croissance initiale	Croissance initiale en hauteur plutôt lente dans la nature comme en culture (20 à 25 cm/an durant les deux premières décennies).	C	Moyenne	**	**
Rusticité à l'installation	Reprise facile à la plantation.	A	Moyenne	*	
Propension à ne pas être invasive	A priori non invasif.	A	Faible	*	
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance connue aux parasites actuellement présents en France	Localement touché par les mêmes parasites que dans son aire naturelle.	B	Moyenne	*	
Résistance potentielle aux parasites en général	Sensible localement au fomès (<i>Heterobasidion annosum</i>) à la processionnaire du pin, à une tordeuse des pousses (<i>Rhyacionia buoliana</i>) ainsi qu'à des hyménoptères qui parasitent les cônes. Il est davantage résistant à <i>Sphaeropsis sapinea</i> que <i>Pinus nigra</i> .	B	Moyenne	*	
Similarité du cortège parasitaire aire naturelle/France	Mêmes parasites.	A	Bonne	**	
Résistance aux dégâts de gibier	Semble peu sensible au gibier en arborescences, malgré son écorce fine (observations pendant de nombreuses années).	A	Faible	*	*
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Réputé résister aux vents forts (enracinement puissant). Architecture adaptée à l'enneigement.	A	Moyenne	**	*
Résistance et/ou résilience aux incendies	Son écorce protège les vieux sujets des incendies.	B	Moyenne	*	
Tolérances particulières connues (sel, pollution...)	Résiste bien à la pollution atmosphérique (ozone, dioxyde de soufre).	A	Moyenne	*	
Résumé	Pin à utiliser en montagnes calcaires de l'arrière-pays méditerranéen, de préférence où l'hygrométrie hivernale est faible (Alpes de Haute-Provence) et sur versants ensoleillés. Une étude réalisée en Albanie tend à prouver son potentiel dans le cadre d'une évolution du climat vers des conditions plus chaudes et plus sèches.				

PINUS NIGRA SSP.SALZMANNII		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'info	Sources *rare ***abondante expert terrain	
Présentation					
Nom latin	Pinus nigra ssp. salzmannii Franco				
Essence (appellation principale)	Pin de Salzmann				
Aspect général (texte)	Peut atteindre 40 m de haut avec souvent un tronc court et un port torturé dans son aire française (sols ingrats) mais droit et élané en sols plus riches et climat moins sec. Écorce très épaisse en longues plaques écailleuses, irrégulières, brun grisâtre puis gris rosé. Rameaux de l'année jaune orangé, nettement luisants avec une zone basale dépourvue de feuilles. Lors de l'allongement, ils sont d'un vert très vif, presque « fluorescents ». Aiguilles longues de 8 à 17 cm et larges de 0,8 à 1,2 cm (plus longues et plus épaisses pour la forme espagnole), minces, très souples, non piquantes, droites ou légèrement courbées et luisantes. Cônes de 4 à 6 cm (jusqu'à 8 cm dans forme espagnole), ovoïdes coniques et larges de 3,5 à 6 cm, à apophyses plates ou légèrement enflées. Distinct de la variété corsicana dont les rameaux sont peu luisants et les cônes 5 à 8 cm de long à apophyses non majoritairement aplaties. Distinct de la variété mauretana (Maroc et Algérie) qui a des feuilles plus courtes (6-12 cm de long), des rameaux mats et des cônes à apophyses nettement renflées et souvent carénées.				
Localisation (texte)	5 000 ha en France: Cévennes et Pyrénées Orientales, entre 250 et 1000 m d'altitude. 350 000 ha en Espagne, entre 900 et 2 200 m.				
Climat général dans l'aire de distribution	Climat à large amplitude thermique avec fortes chaleurs et sécheresses prolongées. Précipitations moyennes annuelles comprises entre 700 et 1 600 mm.				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance juvénile aux fortes sécheresses	Bonne résistance grâce à un profond pivot rapidement développé.			*	
Résistance adulte aux fortes sécheresses	C'est le plus tolérant à la sécheresse de pins noirs. Supporte des fortes chaleurs et des périodes de sécheresse d'au moins deux mois.				
Adaptation aux climats déficitaires en eau	A priori bonne.				
Résistance aux grands froids	8, 9 : Il supporte des températures d'au moins -20° C à l'état adulte (quelques rougissements néanmoins en 1985 et 2012) mais l'est lorsqu'il est très jeune (forts dégâts février 2012 aux pépinières Blachère).				
Résistance aux gels précoces	Nous n'avons pas recensé de dégâts notables liés aux gels précoces chez ce pin.			*	
Résistance aux gels tardifs	Nous n'avons pas recensé de dégâts notables liés aux gels tardifs chez ce pin.			*	
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance au calcaire	Il pousse sur sols filtrants à pH acide ou basique et carbonatés ou non d'origine siliceuse ou dolomitique en France et uniquement sur substrat calcaire en Espagne.				
Tolérance à l'acidité	Il ne craint pas les pH acides.				
Connaissance de la diversité génétique					
Variété du matériel végétal disponible en France	Deux provenances espagnoles sont communes au Canereit, au Plan Estérel et le Treps (83) n'en possède qu'une sur ces deux. Les arboretums de Gratteloup-Ruscas (83) et de Saint Lambert (84) possèdent des provenances françaises (deux différentes) et espagnoles (deux différentes). Une troisième provenance française se trouve en plus à Saint Lambert. La provenance de Brouzet lès Ales (30) est la seule de ce taxon plantée à Roumare-Forêt Verte. Il est aussi présent aux Barres (45), Pézanin (71), Royat (63), Baume les Dames (25), Franchard (77), Clos Gaillard, Cazebonne et la Jasse (30), Vallespir (66), (Chabrières et la Fot (23), Mallemoisson et Font d'Isnard (04), à l'essai RDI de Saint Jean de Monts (85) et Jean Aubouin (16).				
Références en France	A Roumare-Forêt Verte, 3 placeaux sur 4 sont correct (survie de 29,5%) où le climat océanique de ce secteur (hivers doux et chaleur estivale peu marquée) semble ne pas convenir de manière optimale pour ce pin et la croissance y est bonne (32 cm de hauteur pour 2,81 cm de circonférence en moyenne annuelle depuis 37 ans). On note 28% de survie dans les arboretums de l'Estérel où l'état sanitaire est médiocre (influence de la processionnaire). Au Canereit la croissance moyenne annuelle depuis la plantation y est de 11 cm pour 0,76 cm de circonférence contre 10 cm et 0,92 cm au Plan Estérel). A Gratteloup-Ruscas, les individus plantés montrent un excellent état sanitaire. Ceux de Royat ont été dévastés par un orage de grêle survenu le 7 juillet 2011 puis un second survenu en juillet 2012. Le peuplement a ensuite été quasiment anéanti par <i>Sphaeropsis sapinea</i> (S.Berthon, comm. pers.)				*

Croissance et production de bois					
Durée de révolution potentielle	De 60 à 90 ans en situation favorable et jusqu'à 100 ans sur stations plus rudes.			*	
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	Elle se situe entre 10 et 20 mètres de suivant le site.			*	
Productivité potentielle	Elle est estimée entre 10 et 20 m ³ /ha/an.				
Diversité des débouchés potentiels du bois	Ce sont les mêmes utilisations que pour Pinus nigra, en particulier en Espagne où les gabarits sont meilleurs qu'en France (poteaux, caisserie, sciage, papeterie). Sa branchaison est forte et comparable à celle de P.nigra.				
Autres services écosystémiques					
Limitation de l'érosion des terrains	C'est un excellent stabilisateur de sols.			*	
Intérêt paysager et récréatif	Il revêt le même aspect ornemental que le pin laricio. En peuplements naturels, ce pin constitue un bel élément du paysage.			*	
Influence sur la qualité des sols	La litière semble comparable à celle de la var.corsicana, donc plutôt correcte au sujet de sa qualité et de sa dégradation pour un pin.			*	
Mise en œuvre des MFR					
Disponibilité potentielle des graines	Il n'est disponible en tant que plant forestier que grâce à des peuplements porte-graines classés en 2012. Cette production est actuellement faible et ne fonctionne que sous la forme de contrats de culture.				
Disponibilité potentielle des plants	On le trouve parfois en tant qu'arbre ornemental (les pépinières Naudet le commercialisent à 6,5 euros l'unité, sans précisions de dimensions).				
Croissance initiale	Elle est de 60 à 90 cm par an durant les premières décennies.				
Rusticité à l'installation	Elle est aussi bonne que pour Pinus nigra.			*	
Facilité de régénération naturelle	C'est une espèce spontanée mais qui s'hybride avec les autres pins noirs dont il faut éviter absolument la proximité, comme c'est le cas dans son aire naturelle française qui constitue sa limite septentrionale. On trouve aisément des semis en arboretums.			*	
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance potentielle aux parasites en général	Il exprime une sensibilité à la chenille processionnaire du pin (Thaumetopoea pityocampa) et aux mêmes autres maladies, champignons et insectes (Dioryctria silvestrella, Hylobius abietis, Ips acuminatus, Ips sexdentatus, Melanophila cyanea, Tomiscus piniperda, Tomiscus minor) et champignons antagonistes que les autres pins noirs tels Phellinus pini et éventuellement Sphaeropsis sapinea. Il est potentiellement sensible à la maladie dite des bandes rouges (Dothistroma septosporum) mais aucune observation n'avait été réalisée à l'automne 2015.				
Résistance aux dégâts de gibier	Elle ne semble pas être forte comme c'est le cas chez Pinus nigra.			*	
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Il montre une assez bonne résistance au vent.			*	
Résistance et/ou résilience aux incendies	Il est sensible aux incendies violents.			*	
Tolérances particulières connues (sel, pollution...)	Les pins noirs sont un peu sensibles au fluor ni au dioxyde de soufre.			*	
Résumé	C'est un pin à employer dans les mêmes stations que les autres pins noirs si les conditions climatiques tendent davantage vers la chaleur, une faible hygrométrie et des pluviométries inférieures car sa forme tourmentée n'est due qu'aux conditions de son milieu d'origine.				

PINUS PEUCE		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'info	Sources *rare ***abondante expert terrain	
Présentation					
Nom latin	Pinus peuce Griseb.				
Essence (appellation principale)	Pin de Macédoine				
Aspect général (texte)	Grand arbre de 40 m de hauteur pour 1,5 m de diamètre. Rhytidome précocement écaillé (plus précoce que les autres pins à 5 feuilles). Rameaux verdâtres et glabres. Feuilles fines groupées par 5, vert foncé, longues de 4,5 à 12 cm. Cônes pendants, longs de 5 à 20 cm avec des écailles minces et bombées, rappelant ceux de <i>P. wallichiana</i> . Seul pin à 5 feuilles européen avec le pin cembro.				
Localisation (texte)	Aire naturelle morcelée en 17 populations au Sud-Est de l'Europe (Macédoine, Monténégro, Albanie, Grèce, Sud Serbie, Bulgarie) de 41° à 43° de latitude nord et 20° à 24° de longitude Est. En Bulgarie il couvre plus de 14 000 ha. Altitude 600 à 2 200 m (optimum 1300 à 1500 m).				
Aire de distribution actuelle et aire naturelle					
Climat général dans l'aire de distribution	Climat montagnard, à hivers froids et neigeux et étés doux et habituellement secs mais orageux. Températures moyennes annuelles: 2° à 4° C. Pluviométrie moyenne annuelle: 870 à 1 160 mm avec une hygrométrie maximale de 75 à 81%.				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance juvénile aux fortes sécheresses	A priori résistant car il développe un fort pivot dans sa jeunesse.	B	Moyenne	*	*
Résistance adulte aux fortes sécheresses	A priori résistant: son système racinaire lui permet d'aller rechercher une alimentation en eau profonde. Pas de mortalités en arboretums pendant les sécheresses de 2003 et 2006.	B	Moyenne	*	*
Résistance aux fortes chaleurs (canicules)	Pas de mortalités en arboretums pendant les sécheresses de 2003 et 2006.	B	Faible	*	*
Résistance aux grands froids	Excellente: il supporte jusqu'à -30° C.	A	Bonne	**	*
Résistance aux gels précoces	Bonne résistance aux gels précoces.	B	Faible	*	
Résistance aux gels tardifs	Dégâts possibles à basse altitude.	C	Faible	*	
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	Craint les excès d'eau dans le sol.	D	Faible	*	
Tolérance au calcaire	Assez rare sur sols carbonatés mais un écotype y serait adapté.	C	Faible	*	
Tolérance à l'acidité	On le rencontre plutôt sur sols siliceux d'origine granitique profonds en versant nord. Supporte bien les stations pauvres et podzoliques.	B	Moyenne	**	
Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (déduites de l'aire de distribution)	Conditions de l'aire naturelle plutôt homogènes mais semble supporter des conditions pédoclimatiques variées en arboretums.	B	Faible	*	*
Variété du matériel végétal disponible en France	Présent dans les arboretums scientifiques de l'ONF (surtout provenances bulgares): Col des Trois Sœurs (48), Sainte Anastasie (15), Roumare-Forêt Verte (76) ainsi que dans plusieurs autres arboretums dont ceux de montagne de l'Irstea de Grenoble. Espèce non réglementée.	C	Moyenne		*
Croissance et production de bois					
Durée de révolution potentielle	60 à 80 ans en basse altitude et 80 à 130 ans en montagne.	B	Faible	*	
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	10 à 25 m suivant l'altitude. Meilleur dynamisme entre 20 et 40 ans.	C	Faible	*	*
Productivité potentielle	8 à 9 m ³ /ha/an en Bulgarie.	C	Faible	*	
Diversité des débouchés potentiels du bois	Bois léger, à grain fin, homogène et très durable, fortement résineux. Employé en construction et ameublement.	B	Moyenne	*	
Autres services écosystémiques					
Limitation de l'érosion des terrains	Contribue à la lutte contre l'érosion dans son aire naturelle.	B	Faible	*	
Intérêt paysager et récréatif	Intérêt paysager non négligeable. D'un point de vue patrimonial, il a un statut d'espèce protégée en Bulgarie.	B	Moyenne	*	*

Mise en œuvre des MFR					
Disponibilité potentielle des graines	Graines disponibles auprès des services forestiers locaux (Bulgarie, Macédoine). Il existe, au moins en Bulgarie, un programme d'amélioration et des vergers à graines.	D	Faible	*	
Disponibilité potentielle des plants	Peu fréquent en France, disponible chez quelques pépiniéristes forestiers.	D	Faible		*
Croissance initiale	Croissance en hauteur initiale assez rapide: 30 à 50 cm/an en arboretums.	C	Moyenne		*
Rusticité à l'installation	Reprise facile à la plantation.	B	Faible	*	*
Facilité de régénération naturelle	A priori pas de semis observés en arboretums. En montagne, il est disséminé par les corvidés, comme le pin cembro.	I			
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance connue aux parasites actuellement présents en France	Présente une bonne santé en arboretums.	A	Faible		*
Résistance potentielle aux parasites en général	Potentiellement sensible à des polypores et pourridiés racinaires. Résistant à la rouille vésiculeuse (<i>Cronartium ribicola</i>) qui détruit les pins américains du même sous-genre (<i>P. strobus</i> , <i>P. monticola</i> , <i>P. lambertiana</i> ...).	A	Faible	*	
Résistance aux dégâts de gibier	A priori assez peu sensible (rhytidome précoce).	B	Faible	*	*
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Résistant au vent (enracinement puissant) et à la neige.	A	Moyenne	*	*
Résistance et/ou résilience aux incendies	A priori résistant aux feux courants (écorce épaisse).	B	Faible	*	
Tolérances particulières connues (sel, pollution...)	Semble assez résistant à la pollution atmosphérique (observations en Allemagne pendant l'épisode des pluies acides)	B	Faible	*	
Résumé	Espèce prometteuse, notamment en altitude, présentant bon nombre de qualités: rusticité, résistance au gibier, à la rouille vésiculeuse, à la pollution, croissance rapide. A tester plus largement sous différents climats.				

PINUS PINASTER		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'info	Sources *rare ***abondante	
Présentation				expert	terrain
Nom latin	Pinus pinaster Ait.				
Synonyme latin	Pinus maritima Lam.				
Essence (appellation principale)	Pin maritime				
Essence (autre appellation 1)	Pin des Landes				
Aspect général (texte)	Arbre de 20 à 40 m de haut pour 1,5 m de diamètre. Tronc droit (populations méditerranéennes) ou parfois sinueux. Houppier des arbres adultes plutôt clairsemé, à branches horizontales assez longues redressées aux extrémités. Écorce épaisse brun rougeâtre à brun grisâtre en longues plaques irrégulières laissant voir de profondes fissures. Rameaux épais et rigides, luisants puis brun orangé et enfin brun grisâtre. Bourgeons brun rougeâtre marginés de blanc, à extrémité des écailles libres et fortement courbée. Feuilles épaisses et rigides groupées par 2, de 10 à 26 cm de long pour 2 à 2,8 mm de large, droites ou légèrement courbées, luisantes, vert clair à vert foncé. Cônes brun orangé à brun rougeâtre, de 8 à 18 cm de long pour 8 à 12 cm de large, avec une base quasiment plate et un pédoncule de 1 à 2 cm de long. Apophyses proéminentes et pyramidales avec un ombilic dorsal fortement saillant, pyramidal et mucroné. Ils peuvent être sérotineux, restant fermés de 6 mois à 8 ans et persistent de nombreuses années sur les branches. Pin polycyclique.				
Localisation (texte)	Il est originaire du bassin méditerranéen de la Tunisie à l'Italie en passant par la péninsule ibérique du niveau de la mer jusqu'à 2100 m d'altitude. Présent dans ce secteur en façade atlantique comme c'est le cas dans le sud-ouest de la France. Le pin maritime est spontané en France (Corse comprise). Les populations marocaines et Corse sont parfois séparées suivant les auteurs et sont maintenues distinctes par l'IUCN. En France, il constitue environ 132 millions de m3 de bois sur pied et il est l'essence principale sur 914 milliers d'hectares de forêts.				
Climat général dans l'aire de distribution	Climat océanique ou méditerranéen humide ou subhumide avec des hivers doux à chauds. Précipitations de 350 à 1400 mm/an (optimum 800 mm) avec au moins 2 mois secs. Altitude de 0 à 1400 m (Corse) voire 2100m (Maroc). Température moyenne annuelle 11 à 15°C. Couvre en France un million d'hectares surtout dans le Sud-Ouest, l'Ouest et le littoral méditerranéen.				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance juvénile aux fortes sécheresses	Résistant à la sécheresse à l'état jeune.	A	Bonne	***	***
Résistance adulte aux fortes sécheresses	Supporte bien la sécheresse estivale (jusqu'à 4 mois) mais s'avère exigeant en humidité de l'air et en chaleur en été.	A	Bonne	***	***
Adaptation aux climats déficitaires en eau	Bonne, mais c'est plutôt une espèce des climats maritimes tempérés à températures douces toute l'année.	B	Bonne	***	***
Résistance aux fortes chaleurs (canicules)	Bonne.	A	Bonne	***	***
Résistance aux grands froids	Les provenances landaises supportent jusqu'à -20° C. Les provenances méditerranéennes de moyenne montagne ou continentales d'Espagne tolèrent jusqu'à -15°C. Même si l'arbre peut supporter des températures basses, le houppier reste fragile au givre et à la neige lourde.	C	Bonne	***	***
Résistance aux gels précoces	Sensible aux gels précoces sur pousses insuffisamment aoûtées.	C	Moyenne	**	**
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	Tolère un engorgement temporaire hivernal mais redoute une trop forte hydromorphie.	B	Moyenne	**	**
Tolérance au calcaire	Exige des sols décarbonatés (sauf les provenances marocaines).	D	Moyenne	**	**
Tolérance à l'acidité	Très frugal, admet les sols pauvres squelettiques et podzoliques, siliceux meubles, même très acides (pH 3,5 à 7).	A	Bonne	***	***
Tolérance aux sols lourds	A priori assez résistant.	B	Moyenne	**	**
Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (déduites de l'aire de distribution)	La diversité intraspécifique, bien étudiée à l'aide de marqueurs moléculaires, a mis en évidence l'importante différenciation génétique entre les provenances géographiques. Trois grands groupes ont été distingués: atlantique, méditerranéen et nord-africain. En France, on trouve deux de ces groupes : -atlantique (Landes): provenances vigoureuses et peu sensibles à la cochenille ; - méditerranéen: provenances de bonne forme mais très sensibles à la cochenille en Corse et de forme et sensibilités intermédiaires dans le Sud-Est.	A	Bonne	***	

Variété du matériel végétal disponible en France	Présent dans de nombreux arborescences en France, dans des dispositifs de Recherche Développement et dans des dispositifs de Recherche, au FCBA (173 sites) et à l'Inra. Espèce réglementée. 6 régions de provenances ont été délimitées. Fait l'objet d'un grand programme d'amélioration génétique à partir de plusieurs tranches de vergers à graines : - vergers de familles VF2 (variété landaise vigueur-forme-2ème série, en fin de production) puis - vergers VF3 (variété landaise vigueur forme - 3ème série, en production depuis 2001) - LC2 (variété Landes x Corse 2ème série, en production depuis 2008, avec pollinisation contrôlée) - Tamjout-Collobrières-VG (verger d'origine marocaine, très résistante à la cochenille). La croissance et la rectitude sont les deux principaux critères améliorés.	A	Bonne	***	***
Croissance et production de bois					
Durée de révolution potentielle	35 à 50 ans.	A	Bonne	***	***
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	25 à 30 mètres.	B	Bonne	***	***
Productivité potentielle	10 à 15 m3/ha/an.	B	Bonne	***	***
Diversité des débouchés potentiels du bois	Bois utilisé en, parqueterie, lambris, bardage, voire charpente, trituration (papeterie, panneaux), bois énergie (souches). Chimie du bois en développement.	B	Bonne	***	***
Intérêt économique avéré global de l'essence	Grand intérêt économique dans le massif des Landes de Gascogne avec forte intégration de la production et de l'industrie du bois (sciage, trituration). Première essence de reboisement française.	A	Bonne	***	***
Autres services écosystémiques					
Effets sur la qualité de l'eau	Bonne régulation du régime hydrique et de la qualité de l'eau en comparaison avec un bassin versant agricole (étude du GIP Ecofor).	B	Moyenne	**	
Limitation de l'érosion des terrains	Contribue à fixer les sols dunaires notamment sur le littoral atlantique.	A	Bonne	***	***
Intérêt paysager et récréatif	Le pin maritime est emblématique de l'Aquitaine. Aux stades âgés, il présente des forêts claires très appréciées par les touristes, surtout dans les dunes. Le stade jeune plantation est plus critiqué par les opposants à la forêt artificielle en général.	B	Bonne	**	**
Biodiversité associée	L'écosystème est assez typique autour du pin maritime, dans le massif landais comme dans les Maures et l'Estérel et en Corse.	B	Bonne	**	**
Influence sur la qualité des sols	Influence limitée car réservé en priorité aux sols déjà très pauvres qu'il ne peut qu'améliorer.	B	Moyenne	**	**
Mise en œuvre des MFR					
Disponibilité potentielle des graines	Disponible facilement chez les marchands grainiers.	A	Bonne	***	***
Disponibilité potentielle des plants	Disponible chez tous les pépiniéristes forestiers (à partir de 0,35 € plant par exemple pour un minimum de 500 plants commandés). Le pin maritime représente près de 2/3 des plants produits en France, essentiellement en godets.	A	Bonne	***	***
Croissance initiale	Rapide.	B	Bonne	***	***
Rusticité à l'installation	Essence très rustique.	A	Bonne	***	***
Tolérance à l'ombre	Essence de pleine lumière.	D	Bonne	**	**
Facilité de régénération naturelle	Essence pionnière qui se régénère facilement en milieux ouverts.	A	Bonne	***	***
Propension à ne pas être invasive	Essence colonisatrice mais a priori non invasive.	B	Moyenne	**	
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance connue aux parasites actuellement présents en France	Attaqué par une soixantaine d'espèces d'insectes et de champignons, dont une dizaine représente plus de 90% des signalements. Parmi les insectes, on notera le sténographe (<i>Ips sexdentatus</i>), la pyrale du tronc (<i>Doryctia sylvestrella</i>), la processionnaire du pin (<i>Thaumetopoea pityocampa</i>), l'hylobe (<i>Hyllobius abietis</i>) et parmi les pathogènes racinaires, l'armillaire (<i>Armillaria ostoyae</i>) et le fomes (<i>Heterobasidion annosum</i>). La cochenille du pin (<i>Matsucoccus feytaudi</i>) est le principal ravageur du pin maritime dans la partie méditerranéenne de son aire (Maures, Estérel et Corse). A la différence d'autres pins, notamment du laricio, le pin maritime est peu sensible en France au sphaeropsis.	C	Bonne	***	***
Résistance potentielle aux parasites en général	Parmi les risques d'introduction de nouveaux parasites, le nématode du pin (<i>Bursaphelenchus xylophilus</i>) constitue probablement la menace la plus grave (présent au Portugal et à un degré moindre en Espagne). <i>Fusarium circinatum</i> (le « pitch canker américain ») est aussi un parasite exogène potentiellement dangereux.	D	Moyenne	**	
Similarité du cortège parasitaire aire naturelle/France	Sans objet.	A	Bonne	***	***
Résistance aux dégâts de gibier	Sensible.	C	Bonne	**	**

Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Sensible aux vents violents, surtout sur substrat superficiel et mouilleux ; très touché par les tempêtes de 1999 et 2009 qui ont abattu la moitié du massif landais en volume. Très sensible à la neige lourde et au givre.	D	Bonne	***	***
Résistance et/ou résilience aux incendies	Sensible aux incendies.	D	Bonne	***	***
Tolérances particulières connues (sel, pollution...)	Craint la pollution à l'ozone mais supporte les embruns salés.	B	Moyenne	**	
Résumé	Essence qui devrait progresser vers le nord dans les régions à climat doux et dépourvues de neige lourde et de givre. Les grandes surfaces mono-spécifiques le rendent sensibles aux aléas climatiques et aux ravageurs, des cloisonnements par des feuillus sont à l'étude. L'introduction potentielle du nématode est à surveiller de près.				

PINUS PINEA		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'info	Sources *rare ***abondante	
Présentation					
Nom latin	Pinus pinea L.				
Essence (appellation principale)	Pin pignon				
Essence (autre appellation 1)	Pin parasol				
Aspect général (texte)	Arbre de 35 m de haut pour 2 m de diamètre. Tronc parfois divisé en 2 ou 3 dès la base ou plus haut. Branches ascendantes dans le houppier, formant un large dôme en forme de parasol, caractéristique de l'espèce. Écorce très épaisse en grandes plaques irrégulières brun orangé à brun rougeâtre, profondément fissurée. Rameaux glabres. Feuillage juvénile constitué d'aiguilles solitaires blanchâtres apparaissant vers 3 ans, en mélange avec les feuilles juvéniles encore présentes (ces dernières pouvant apparaître pendant 3 à 10 ans). Aiguilles groupées par 2, de 6 à 28 cm de long, épaisses, plutôt souples, droites ou légèrement tordues, vertes et un peu luisantes. Cônes quasiment globuleux, de 8 à 15 cm de long sur 8 à 13 cm de large, à écailles très épaisses avec apophyses enflées et lisses et ombilic dorsal gros et saillant, en deux épaisseurs. C'est le seul pin européen dont les cônes mûrissent en 3 ans. Graines quasiment aptères (pignons), de 1,5 à 2,2 cm de long sur 0,8 à 1,1 cm de large, brun pâle mais recouvertes d'une poudre noire. Pin en général monocyclique.				
Localisation (texte)	Originnaire d'Espagne mais étendu par l'homme depuis 6 000 ans dans une grande partie du bassin méditerranéen (Portugal, Afrique du Nord, Italie, Grèce, Croatie, Turquie, Liban, Syrie) aux fins de production de graines pour l'alimentation.				
Climat général dans l'aire de distribution	Climat méso-méditerranéen subhumide à humide (rarement semi-aride comme au centre de la péninsule ibérique), jusqu'à 600 m d'altitude. Précipitations moyennes annuelles: 500 à 1 500 mm.				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance juvénile aux fortes sécheresses	Bonne grâce à un pivot profond développé dès le jeune âge .	A	Bonne	**	**
Résistance adulte aux fortes sécheresses	Supporte des périodes de sécheresse de 2 à 6 mois.	A	Bonne	**	**
Adaptation aux climats déficitaires en eau	A priori bonne.	A	Bonne	**	*
Résistance aux fortes chaleurs (canicules)	Espèce thermophile supportant des températures d'au moins 41° C.	A	Bonne	**	**
Résistance aux grands froids	Limité par les grands froids hivernaux (rusticité un peu moins bonne que Pinus pinaster) sauf si les arbres sont devenus suffisamment forts. Supporte en culture des températures de -15° à -20° C si elles ne se prolongent pas. Redoute les chutes de neige.	B	Moyenne	*	*
Résistance aux gels précoces	Pas de dégâts de gels précoces en dehors de son aire.	B	Moyenne	*	*
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	Craint les sols humides.	D	Moyenne	*	
Tolérance au calcaire	Essence non calcifuge (jusqu'à pH 9).	A	Bonne	**	
Tolérance à l'acidité	Indifférent au pH (4 à 9). Préfère les sols limonosableux mais accepte les sols caillouteux secs.	A	Bonne	**	
Tolérance aux sols lourds	Redoute les sols lourds (argileux, marneux).	D	Bonne	*	

Connaissance de la diversité génétique					
Variété du matériel végétal disponible en France	Plusieurs provenances présentes dans les 3 arboretums méditerranéens; deux parcelles de comparaison de provenances; essais ONF et divers arboretums. Espèce réglementée: 2 régions de provenances (région méditerranéenne et Corse).	C	Bonne	**	*
Croissance et production de bois					
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	10 à 20 m.	C	Moyenne	*	
Productivité potentielle	0,5 à 10 m ³ /ha/an.	C	Moyenne	*	
Diversité des débouchés potentiels du bois	Bon bois de charpente et de menuiserie.	B	Moyenne	*	
Intérêt économique avéré global de l'essence	Graines volumineuses (pignons) utilisées pour l'alimentation (pâtisserie).	B	Bonne	*	
Autres services écosystémiques					
Limitation de l'érosion des terrains	Apte à fixer les sols grâce à son système racinaire puissant et étendu.	A	Moyenne	*	
Intérêt paysager et récréatif	Belle espèce ornementale dont la forme atypique est prisée pour l'ombrage. De plus en plus cultivé en climat océanique.	A	Bonne	*	
Influence sur la qualité des sols	La litière ne se dégrade pas toujours rapidement.	C	Faible	*	
Mise en œuvre des MFR					
Disponibilité potentielle des plants	Disponible tant en ornement qu'en usage forestier. Prix indicatif en 2015: 0,98 à 1,02€ à partir de 500 plants	C	Faible	*	*
Croissance initiale	De l'ordre de 25 cm/an dans les arboretums méditerranéens.	C	Faible	*	*
Rusticité à l'installation	S'installe facilement.	A	Moyenne	*	
Tolérance à l'ombre	Essence héliophile.	D	Moyenne	*	
Facilité de régénération naturelle	Régénération de plus en plus rare en région méditerranéenne. Non observée dans les arboretums.	D	Moyenne	*	*
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance connue aux parasites actuellement présents en France	Sensible à l'hylésine (<i>Tomicus</i> spp.), à la chenille processionnaire (<i>Thaumetopoea pityocampa</i> ; mais ce n'est pas le pin le plus touché), aux pourridiés racinaires et champignons lignivores (<i>Heterobasidion annosum</i> , <i>Phaeolus schweinitzii</i>).	B	Moyenne	*	
Résistance potentielle aux parasites en général	Voir résistance en France.	B	Faible	*	
Similarité du cortège parasitaire aire naturelle/France	Identique.	A	Moyenne	*	
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Résistant aux vents forts mais sensible à la neige.	A	Faible	*	
Résistance et/ou résilience aux incendies	Peut être détruit par des incendies violents mais son houppier permet un certain contrôle de l'embroussaillage.	C	Moyenne	*	
Tolérances particulières connues (sel, pollution...)	Tolère les embruns salés. De plus en plus planté en milieu urbain où il ne montre pas pour l'instant de sensibilité à la pollution atmosphérique.	A	Faible	*	
Résumé	Intéressant en région méditerranéenne pour limiter les risques d'incendie (couverture du sol). Problèmes de régénération naturelle à résoudre. Comme <i>P. pinaster</i> , à proscrire dans les régions à hivers neigeux.				

PSEUDOTSUGA MENZIESII		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'info	Sources *rare ***abondante	
Présentation				expert	terrain
Nom latin	<i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>menziesii</i> Franco				
Essence (appellation principale)	Douglas vert				
Aspect général (texte)	Arbre de première grandeur: 100 m de haut pour 4 m de diamètre, 60 m de haut en introduction (France). Écorce jeune: lisse, gris vert et couverte de poches de résine, âgée: épaisse, grisâtre ou brun rougeâtre, crevassée et liégeuse. Bourgeons fusiformes brun-rouge. Aiguilles fines, souples, non piquantes, disposées radialement sur le rameau, de 1,5 à 4 cm de long, vertes à glauques, à odeur de citronnelle au froissement. Cônes vert à vert jaunâtre, pendants, ovoïdes, de 4 à 10 cm de long et 3 à 3,5 cm de large, sur un pédoncule de 0,5 à 1 cm. Écailles à bractées saillantes à 3 pointes, droites ou réfléchies sur les écailles. La variété glauca a des cônes en toupie et des bractées en zig-zag.				
Localisation (texte)	Côte ouest de l'Amérique du Nord sur 2 000 km de long, de 35° à 55° de latitude nord et jamais à plus de 300 km de l'Océan, de la Colombie-Britannique (Canada) jusqu'en Californie (sud de la baie de San Francisco) en passant par l'Ouest du Washington et de l'Oregon. Altitude: du niveau de la mer à 1 700 m.				
Climat général dans l'aire de distribution	«Climat sous influence océanique à hivers humides et frais et étés relativement secs. Pluviométrie moyenne annuelle: 610 à 3 400 mm (la moitié durant la saison de végétation, avec un enneigement maximal de 3 000 mm). Les principaux facteurs limitants sont la température dans le nord de l'aire (il y occupe les expositions sud) et l'hygrométrie dans le sud (il y occupe les expositions nord). En France: réservé aux climats tempérés (isothermes 8 à 11°C), à pluviométrie moyenne annuelle de plus de 700 mm (optimum 800-1 200 mm, avec plus de 200 mm en été), aux altitudes inférieures à 1 000 m (1 400 m dans les Pyrénées et la Corse) en expositions abritées.				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance juvénile aux fortes sécheresses	Résistance des plants à la sécheresse a priori moyenne. Risques de dessiccation en cas d'hivers et printemps ensoleillés sur sols gelés (rouge physiologique).	C	Faible	*	*
Résistance adulte aux fortes sécheresses	A priori moyenne et dépendant des provenances utilisées. Des dépérissements ont été constatés lors des sécheresses de 2003 et 2006 sur sols à faible réserve en eau (Sud du Massif central, Sologne...).	C	Moyenne	**	**
Adaptation aux climats déficitaires en eau	A priori moyenne et dépendant des provenances utilisées: provenances du Sud de l'aire (Californie) mieux adaptées mais de croissance plus faible.	C	Moyenne	**	
Résistance aux fortes chaleurs (canicules)	Peut supporter 45° C mais des dégâts (mortalités et destructions de cime, coups de soleil) ont été constatés en exposition sud en 2005 (avec reconstitution de cime possible).	C	Moyenne	**	**
Résistance aux grands froids	Supporte jusqu'à -30° C.	A	Moyenne	*	
Résistance aux gels précoces	Peu sensible aux gels précoces mais pourrait le devenir en cas de réchauffement climatique entraînant un aouètement tardif (surtout provenances du sud de l'aire).	B	Faible	*	
Résistance aux gels tardifs	Sensible aux gels tardif, en particulier les provenances californiennes.	D	Moyenne	*	
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	«Craint les sols trop humides ou avec excès d'eau hivernal.	D	Bonne	**	**
Tolérance au calcaire	Calcifuge mais compensation hydrique possible sur sols calcaires décarbonatés sur 40 cm.	D	Moyenne	*	
Tolérance à l'acidité	«Préfère les sols acides (pH 5 à 6), profonds, légers et bien drainés; roches mères gréseuse, schisteuse, granitique ou volcanique.	B	Bonne	**	**
Tolérance aux sols lourds	«Redoute les sols très compacts et les argiles lourdes.	D	Bonne	**	**
Ecogramme					
Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (déduites de l'aire de distribution)	Aire naturelle très étendue, aux conditions climatiques très variables. Grande diversité de provenances en termes de résistance à la chaleur et de phénologie, à exploiter.	A	Moyenne	**	
Variété du matériel végétal disponible en France	Présent dans de nombreux arboretums, scientifiques ou non, dans des tests de comparaison de provenances (américaines et françaises) ou de descendance, dans 23 dispositifs RDI de l'ONF. Essence réglementée: une région de provenance principale (plaine et moyenne montagne) et une région de provenance d'altitude (> 800 m). Matériel amélioré pour certains des caractères suivants: tardiveté de débourrement, branchaison, fourchaison, rectitude du tronc, croissance en hauteur et circonférence, dans 8 vergers à graines français en production.	A	Bonne	***	***

Croissance et production de bois					
Durée de révolution potentielle	50 à 80 ans selon les utilisations.	B	Bonne	***	***
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	Plus de 30 m.	A	Bonne	***	***
Productivité potentielle	«15 à 25 m3/ha/an. Dépasse en production la plupart des essences de culture courantes. Existence de plusieurs tables de production et modèles de croissance.	A	Bonne	***	***
Diversité des débouchés potentiels du bois	«Bois assez dense, durable, souple et très résistant mécaniquement (même avec des accroissements larges). Charpente, lamellé-collé, et bois massif reconstitué, menuiserie intérieure et extérieure, poteaux, palettes, trituration.	A	Bonne	***	***
Intérêt économique avéré global de l'essence	Un des résineux les plus utilisés dans le monde. Essence de reboisement très importante en France (Massif central et ses bordures, Normandie, Bretagne, Vosges...). 400 000 ha et 107 millions de m3. La France possède le deuxième massif mondial de douglas après l'Amérique.	A	Bonne	***	***
Autres services écosystémiques					
Limitation de l'érosion des terrains	Non utilisé en RTM mais pourrait contribuer à la fixation des sols en moyenne montagne.	B	Moyenne	*	
Intérêt paysager et récréatif	Beau conifère ornemental, les grands sujets étant particulièrement imposants. Essence typique des forêts géantes de la côte ouest américaine. Les jeunes plantations artificielles en plaine sont critiquées par les environnementalistes.	C	Moyenne	*	*
Biodiversité associée	Biodiversité fonction de la lumière parvenant au sol, limitée en peuplements artificiels denses critiqués par les environnementalistes.	C	Moyenne	*	
Influence sur la qualité des sols	Litière à décomposition moyennement rapide, souvent comparée à celle du hêtre en matière d'acidification. Études sur la nitrification en cours. Attention sur sols pauvres à une dégradation de la fertilité en cas de révolutions courtes répétées.	C	Moyenne	**	
Mise en œuvre des MFR					
Disponibilité potentielle des graines	Graines facilement disponibles (la principale source vient des 8 vergers à graines français). Voir les conseils aux reboiseurs du classeur Irstea.	A	Bonne	***	***
Disponibilité potentielle des plants	Disponible sans problème en pépinière forestière: prix indicatif en 2015: 0,48 €/plant pour plus de 500 plants (en godets de 200 cm3). Nombreux cultivars horticoles.	A	Bonne	***	***
Croissance initiale	Près d'1m/an pour les deux premières décennies. Il est polycyclique en Europe de l'Ouest ce qui n'est pas le cas dans son aire naturelle pour raisons climatiques.	A	Bonne	***	***
Rusticité à l'installation	Reprise réputée capricieuse dépendant de la qualité racinaire des plants choisis (qui s'est beaucoup améliorée, en racines nues comme en godets).	B	Bonne	**	**
Tolérance à l'ombre	Essence héliophile mais tolère un léger ombrage latéral les premières années.	D	Moyenne	**	*
Facilité de régénération naturelle	Se régénère facilement tant en arboreturns qu'en peuplements forestiers (si la surface terrière n'excède pas 45 m2/ha).	A	Bonne	**	**
Propension à ne pas être invasive	A priori non invasive même si sa dispersion aux parcelles voisines est possible.	B	Faible	*	
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance connue aux parasites actuellement présents en France	En Europe, sensible à un nématode racinaire (<i>Pratylenchus penetrans</i>), à certains pourridiés racinaires (<i>Armillaria ostoyae</i>), à des polypores (<i>Phellinus</i> spp., <i>Ganoderma</i> sp., <i>Rhizina inflata</i>) et à la processionnaire du pin. En France, sensible au cortège des scolytes sous-corticaux des pins (<i>Ips acuminatus</i>), des épicéas (<i>Pityogenes chalcographus</i>) mais surtout des sapins (<i>Pityokteines</i> spp., <i>Trypodendron lineatum</i>) qui causent cependant peu de dommages. Attaqué également par l'hyllobe (<i>Hylobius abietis</i>), ravageur classique des jeunes plants résineux. Différents pathogènes s'attaquent au douglas comme la rouille suisse (<i>Phaeocryptopus gaeumannii</i>), champignon foliaire entraînant des pertes de croissance. Le fomes (<i>Heterobasidion annosum</i>), altérant le système racinaire, fait partie des problèmes émergents préoccupants dans le Sud de la France, notamment dans un contexte de stress climatique accru. Les jeunes sujets peuvent être affectés par le chancre du tronc (<i>Phacidium coniferarum</i>). Enfin, la cécidomyie des aiguilles du douglas (<i>Cantarinia pseudostugae</i>), découverte en 2015 et originaire des États-Unis, provoque des chutes massives d'aiguilles sur jeunes sujets. D'autre part, le «rougissement printanier» affecte souvent les plantations de 4 à 10 ans en moyenne montagne (fin d'hiver doux sur sol encore gelé).»	C	Bonne	**	**
Résistance potentielle aux parasites en général	Quelque peu sensible aux États-Unis à la fusariose (<i>Fusarium circinatum</i>) et à des pucerons défoliateurs pouvant induire des réductions de croissance (<i>Adelges cooleyi</i>).	C	Moyenne	*	
Résistance aux dégâts de gibier	Sensible au gibier (abroussissement, écorçage, frottis) mais cicatrise bien.	D	Bonne	**	**

Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Résistance moyenne, surtout liée à la hauteur atteinte, à la portance du sol et à la sylviculture. Sensible à la neige lourde. Les jeunes plants mal enracinés peuvent se pencher.	C	Bonne	**	**
Résistance et/ou résilience aux incendies	Arbres adultes résistants (écorce épaisse et liégeuse).	B	Bonne	*	
Tolérances particulières connues (sel, pollution...)	Craint les embruns salés, la pollution au fluor mais n'est pas sensible à l'ozone.	B	Faible	*	
Résumé	Espèce plastique et incontournable utilisable dans une vaste gamme de stations (mais avec réserve utile en eau suffisante). Provenances à la fois plus méridionales et éloignées de la mer à tester dans le cadre de l'évolution du climat.				

ACER CAMPESTRE		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'info	Sources *rare ***abondante expert terrain	
Présentation					
Identifiant international	Etable champêtre				
Nom latin	Acer campestre L.				
Aspect général (texte)	Arbre atteignant 25 m de hauteur pour près d'un mètre de diamètre. L'écorce est quelque peu liégeuse s'exfoliant en plaques quadrangulaires. Les rameaux sont opposés, pubescents et striés puis deviennent liégeux à partir de 4 à 5 ans ce qui est unique chez le genre Acer. Ces crêtes disparaissent progressivement au fur et à mesure de la croissance en diamètre du rameau. Ses feuilles comportent 5 lobes à bord crénelé, des sinus aigus et mesurent de 7 à 16 cm dans les deux sens. Elles sont pubescentes sur les deux faces du limbe mais plus particulièrement à l'aisselle des nervures au revers. Le pétiole renferme un latex. Les fruits sont des samares doubles à ailes quasiment horizontales. Acer campestre se distingue d'A.monspessulanum par le nombre de lobes (5 au lieu de 3) et ses samares horizontales et non en forme de «U».				
Localisation (texte)	L'aire de répartition naturelle de l'érable champêtre couvre une vaste partie de l'Europe. Elle s'étend, dans ses limites latitudinales, du sud de la Suède jusqu'à la Grèce et, dans ses limites longitudinales, des Pyrénées espagnoles à la rive sud de la mer Caspienne. On rencontre des arbres isolés dans l'ouest de l'Espagne et en Afrique du nord (Nagy, Ducci, 2004). En France, l'érable champêtre est très commun sur la majeure partie du territoire, à l'exception des régions méditerranéennes et landaises. On le trouve principalement à l'étage collinéen, plus rarement jusqu'à l'étage montagnard inférieur (1000 m). Essence d'accompagnement, il est disséminé dans les forêts claires de feuillus ou encore dans les lisières forestières (Nagy, Ducci, 2004 ; Rameau et al., 1989).				
Climat général dans l'aire de distribution	Il nécessite un minimum de pluviométrie de 600 mm par an. L'érable champêtre montre une préférence pour les sols calcaires bien drainés, mais se développe également bien sur des sols argileux compacts. Les sols trop caillouteux lui sont défavorables, tout comme les sols présentant des traces d'hydromorphie. Son optimum pédologique se trouve sur des sols basiques à neutres, mais il peut ponctuellement subsister sur des sols plus acides (pH < 6) ou inversement très riches en bases (pH > 8), bien que dans ces situations extrêmes, sa croissance et son espérance de vie soient fortement limitées. L'érable champêtre présente des besoins modérés en eau et craint l'engorgement (Rameau et al., 1989 ; Nagy, Ducci, 2004 ; Gonin et al., 2013).				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance adulte aux fortes sécheresses	A noter que l'érable champêtre présente une bonne résistance à la sécheresse, supérieure notamment à celle de l'érable sycomore (Hemery et al., 2010).				
Adaptation aux climats déficitaires en eau	Il préfère les climats chauds et malgré une relative tolérance à la sécheresse (supérieure à celle d'Acer platanoides et A.pseudoplatanus), des précipitations annuelles supérieures à 600 mm sont nécessaires pour obtenir une bonne croissance (Coello et al., 2008). Au cours du siècle à venir, il est probable que l'érable champêtre trouve des habitats favorables à son développement à des latitudes et altitudes supérieures à celles occupées actuellement.				
Résistance aux grands froids	Il s'avère également résistant au froid et est capable de supporter les températures hivernales très basses des régions continentales.				

Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance au calcaire	On le rencontre naturellement sur sols légèrement humides à secs, à pH neutre à alcalin, riches en bases et en azote (argiles décarbonatées, colluvionnements limoneux). Il ne redoute pas le calcaire actif. Les sols pauvres ne lui posent pas problème (fiche érable)				
Tolérance à l'acidité	On le rencontre naturellement sur sols légèrement humides à secs, à pH neutre à alcalin, riches en bases et en azote (argiles décarbonatées, colluvionnements limoneux). Il ne redoute pas le calcaire actif. Les sols pauvres ne lui posent pas problème (fiche érable)				
Tolérance aux sols lourds	Il ne craint pas les argiles décarbonatées.			*	
Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (dédouées de l'aire de distribution)	L'érable champêtre présente une large amplitude écologique et supporte des conditions stationnelles très variées. Peu d'études ont été menées jusqu'ici sur les ressources génétiques de cette essence et les informations disponibles sont limitées. Cependant, ses caractéristiques reproductives (pollinisation par les insectes, auto-compatibilité partielle, dissémination limitée des graines et bonnes capacités végétaives) sont propices à une forte variation génétique entre les populations (Nagy, Ducci, 2004).				
Variété du matériel végétal disponible en France	Le seul arboretum scientifique où il est présent est Roumare-Forêt Verte sous la forme d'une provenance italienne (n°72264 non documentée).				
Croissance et production de bois					
Diversité des débouchés potentiels du bois	Son bois blanc lustré est homogène, dur, blanc crème ou un peu roux, à grain fin, utilisé en ameublement (petites dimensions), tournerie, placages, marqueterie, lutherie (bois ondes), articles de bureaux et divers objets (brosses de luxe, objets ménagers, mancheterie). C'est également un très bon bois de chauffage. Autrefois, on utilisait ses racines pour fabriquer pipes et tabatières.				
Autres services écosystémiques					
Intérêt paysager et récréatif	C'est un arbre disponible sur la marché ornemental Son écorce est originale pour un érable et suivant les origines et le climat où il se trouve ses couleurs automnales varient du jaune au rouge.			*	
Mise en œuvre des MFR					
Disponibilité potentielle des graines	Deux provenances françaises sont disponibles au catalogue du service Graines et Plants de l'ONF. On le trouve aussi chez les marchands grainiers.				*
Disponibilité potentielle des plants	En 2015 les pépinières Robin commercialisaient le plant en GR200 au prix unitaire HT de 0,98 euros pour 500 à 50000 plants commandés. Cet érable est assez fréquemment planté en ornement dans les espaces urbains ou routiers.				*
Rusticité à l'installation	Il n'est pas réputé délicat à la plantation.			*	
Tolérance à l'ombre	Il est très tolérant à l'ombre dans les dix premières années de sa vie, mais devient héliophile à l'âge adulte (Nagy, Ducci, 2004).				
Facilité de régénération naturelle	Espèce spontanée, se régénère facilement.			*	
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance connue aux parasites actuellement présents en France					
Résistance potentielle aux parasites en général	À ce jour, aucune maladie susceptible d'affecter l'usage commercial de l'érable champêtre n'est à craindre en France. Notons la présence du champignon <i>Rhytisma acerinum</i> , qui provoque l'apparition spectaculaire de taches sur les feuilles, sans danger pour la santé de l'arbre, de quelques pucerons et insectes défoliateurs (<i>Lymantria</i> , <i>Operophtera</i>), et de la « maladie de la suie » causée par le champignon <i>Cryptostroma corticale</i> et favorisée par les périodes chaudes (Coello et al., 2008). L'oïdium de l'érable (<i>Uncinula</i> sp.), qui touche toutes les espèces d'érable, est absent en France mais présent en Europe centrale jusqu'en Suisse (Theile, 2008).				
Résistance aux dégâts de gibier	Les érables sont globalement appétants pour le gibier.			*	
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résumé	Cet érable fournit un bois de qualité et montre des qualités de résistance à la sécheresse et à la chaleur.				

ALNUS CORDATA		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'Info	Sources *rare ***abondante	
Présentation				expert	terrain
Nom latin	Alnus cordata Desf.				
Essence (appellation principale)	Aulne de Corse				
Essence (autre appellation 1)	Aulne à feuilles en cœur				
Aspect général (texte)	C'est un arbre indigène (présent en Corse) où il atteint 25 à 30 m de hauteur pour 1 m de diamètre. Son feuillage est arrondi à ovale, luisant, cordé à la base avec une bordure très finement dentée et long de 3 à 12 cm pour une largeur comprise entre 4 et 8 cm. Le pétiole atteint 3 cm de long. Il produit de grands chatons mâles jaunâtres (10 cm) puis de gros cônes pour le genre Alnus car longs de 2,5 à 3 cm.				
Localisation (texte)	L'espèce est présente entre 1200 et 1400 m d'altitude en Corse et au sud de l'Italie.				
Aire de distribution actuelle et aire naturelle					
Climat général dans l'aire de distribution	Il pousse en montagnes méditerranéennes avec une pluviométrie comprise entre 700 et 2000 mm (minimum requis de 600 mm par an), hors enneigement. Les températures estivales sont élevées (moyenne des mois les plus chauds à 30° C.).				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance adulte aux fortes sécheresses	Il supporte des extrêmes thermiques allant de -20° à 40° C. Il résiste plutôt bien à la sécheresse à l'état jeune comme au stade adulte s'il arrive à s'enraciner profondément. Il a très bien traversé les épisodes caniculaires de 2003 et 2006 et les années avec déficits hydriques qui ont suivi. Son feuillage vernissé est résistant aux fortes insolation.			*	
Résistance aux grands froids	La résistance aux grands froids est assez bonne (présent dans des jardins botaniques de Lorraine et d'Alsace).			*	*
Résistance aux gels précoces	Il ne semble pas craindre les gels précoces.			*	*
Résistance aux gels tardifs	Il redoute les gels de printemps.			*	*
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	Il se développe sur sols frais à humide (marécages, cours d'eau) et n'est pas strictement inféodé aux ripisylves. Il ne craint pas les terres drainantes.				
Tolérance à l'acidité	Il se rencontre sur sols à pH neutre à légèrement acide (souvent sur schistes), mais tolère les substrats carbonatés (néanmoins parfois sujet à des chloroses ferriques suivant les cas) et même secs. Il n'est pas strictement inféodé aux ripisylves.				
Tolérance aux sols lourds	Il arrive à tolérer des sols argileux mais son développement est plus lent (Four à Chau, domaine des Barres).			*	
Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (déduites de l'aire de distribution)					
Variété du matériel végétal disponible en France	Une même provenance italienne mais mal documentée est observable à Roumare-Forêt Verte (76) et au col de Trois Sœurs (48). On le trouve aussi à l'arboretum de Pézanin (71), la Jonchère (87) et Cardeilhac (31) avec des provenances documentées, ainsi qu'à ceux de la Charme (21), la Fot (23), les Agriers et Chamberet (19), Saint Sauveur des Pourcils, le Pont du Gard, Sauveur et Cazebonne (30), Lure et Mallemoisson (04), Les Barres (45), Gratteloup-Ruscas (83), Baume les Dames (25), Mazeley et la Haie Chérière (88), l'Étang David (59d) et l'Étoile d'Andaines (61). Des tests INRA ont été implantés en Bretagne et dans le quart nord-est de la France auxquels s'ajoutent deux autres suivis par le FCBA.				*
Références en France	On note 30% de survie et un bon état sanitaire à Roumare-Forêt Verte et une croissance très vigoureuse (61 cm pour 2,58 cm de circonférence moyenne annuelle sur 37 ans). L'espèce s'avère le feuillu le plus performant en termes de volume. Au col de Trois Sœurs, la survie est de 20% et l'état sanitaire est bon mais la croissance y est très faible, l'espèce se trouvant en conditions extrêmes pour elle, le froid y étant particulièrement intense.				*

Croissance et production de bois					
Durée de révolution potentielle	Elle est estimée entre 45 à 60 ans (4 à 6 m de bille avec un diamètre de 50 à 60 cm) ou une vingtaine d'années en bois-énergie.				*
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	Elle est estimée entre 20 et 25 m à partir des données de Roumarre-Forêt Verte.				*
Productivité potentielle	Elle est de 2 à 2,25 m ³ /ha/an en agroforesterie et 3 à 12 m ³ /ha/an en production forestière classique. A Roumare-Forêt Verte, la circonférence moyenne des sujets âgés de 20 ans était de 34,4 cm.				*
Diversité des débouchés potentiels du bois	Bois homogène léger et facile à travailler, plus dense et un peu moins tendre que chez <i>A.glutinosa</i> : papeterie, panneaux, caisserie, contreplaqués, tournerie et chauffage. Il ne pourrit pas lorsqu'il est immergé et à contribuer aux fondations de la ville de Venise.				
Intérêt économique avéré global de l'essence	C'est un arbre très utilisé en ville et le long des routes et autoroutes.			*	
Autres services écosystémiques					
Effets sur la qualité de l'eau	Sa tolérance aux eaux stagnantes pourrait le rendre utile pour drainer des terres engorgées.			*	
Limitation de l'érosion des terrains	«Il n'est pas utilisé en lutte contre l'érosion mais planté pour fixer des sols ingrats qu'il est capable d'enrichir en azote (carrière, etc.).»	*			
Intérêt paysager et récréatif	Son intérêt paysager est à noter (brillance du feuillage, port léger, cônes). Il est fréquemment utilisé en milieu urbain mais bien moins en tant qu'arbre de jardin privatif.			*	
Influence sur la qualité des sols	Son système racinaire est associé à des ectomycorhizes fixatrices d'azote. L'humus issu de la décomposition de son feuillage est de grande qualité.				
Mise en œuvre sylvicole					
Disponibilité potentielle des graines	C'est une espèce indigène (production de graines en Corse).				*
Disponibilité potentielle des plants	A titre indicatif, au-delà de 500 plants, le prix d'un sujet de 35 à 40 cm est de 1,19 euros chez les pépinières Robin.				*
Croissance initiale	Sa croissance est rapide et cet aulne peut développer des croissances en hauteur de 0,6 à 1 m durant la première décennie. A Roumare-Forêt Verte, la hauteur des sujets âgés de 20 ans était de 12,6 m en moyenne.				*
Rusticité à l'installation	C'est un arbre de reprise facile à la plantation.			*	
Tolérance à l'ombre	Il tolère la mi-ombre.			*	
Facilité de régénération naturelle	Des semis naturels ont été observés en arboretum normand.			*	
Propension à ne pas être invasive	C'est une espèce spontanée mais qui n'apparaît pas envahissante en culture.				
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance potentielle aux parasites en général	Il est sensible aux armillaires et bien entendu potentiellement à <i>Phytophthora alni</i> . Cependant, ce pathogène se propage essentiellement sur sols humides ce qui le mettra en position bien moins vulnérable que la quasi-totalité des autres espèces du genre. Le feuillage peut être touché par l'oidium de l'aulne (<i>Microsphaeria alni</i> , <i>M.penicillata</i>) et par des galéruques, insectes défoliateurs (<i>Agelastica alni</i> , <i>Galerucella luteola</i>). Il n'est pas connu d'autres ravageurs notables si ce n'est la galle du collet et des racines (<i>Agrobacterium tumefaciens</i>) et une sensibilité connue à un pourridié racinaire (<i>Armillaria mellea</i>). On a observé à partir des années 2000, des attaques de chancres corticaux (<i>Nectria galligena</i>).				
Résistance aux dégâts de gibier	Il est susceptible de subir des dégâts, son écorce étant lisse dans le très jeune âge.			*	
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Par rapport aux vents forts, son enracinement s'il est plus large que profond peut lui assurer la stabilité nécessaire si aucun obstacle (dalle, nappe) n'a entravé son développement.			*	
Résistance et/ou résilience aux incendies	Nous ne connaissons pas son comportement après le feu ni sa capacité à résister grâce à son écorce.			*	
Tolérances particulières connues (sel, pollution...)	Il supporte les embruns salés et il est très résistant aux pollutions atmosphériques.			*	
Résumé	Cet aulne est l'un des rares à supporter les sols filtrants. C'est de plus une espèce intéressante pour la production de bois-énergie de même que pour fixer les sols (calcaires altérées peu dessaturées, terrils). Bon couvert vis-à-vis des incendies et résistance à la pollution atmosphérique. Feuillage très résistant à l'ensoleillement. Il présente ainsi des qualités susceptibles de l'utiliser aussi dans le contexte des changements climatiques. Son système racinaire est associé à des ectomycorhizes fixatrices d'azote. Ne pas utiliser en haute altitude. Il tolère la mi-ombre et supporte d'être cultivé en peuplements mélangés.				

FAGUS SYLVATICA		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'Info	Sources *rare ***abondante	
Présentation				expert	terrain
Nom latin	Fagus sylvatica L.				
Essence (appellation principale)	Hêtre commun				
Essence (autre appellation 1)	Hêtre européen				
Aspect général (texte)	Grand arbre atteignant 40 mètres de hauteur pour au moins 1,8 mètre de diamètre. L'écorce est grise et lisse puis quelque peu rugueuse. Les rameaux sont alternes, glabres et portent des bourgeons fusiformes atteignant 2 cm de long et nettement écartés du rameau. Les feuilles sont ovales, longues de 4 à 10 cm et larges de 4 à 7 cm, à bord entier et cilié. Le revers porte des poils sous forme de touffes axillaires. Les fruits sont sur un court pédoncule (1 cm) et portent une cupule ligneuse longue de 2 cm à poils linéaires hérissés et abritent 3 à 4 faînes à section triangulaire.				
Localisation (texte)	Le hêtre commun est présent dans toute l'Europe occidentale moyenne du sud-est de la Norvège et du sud de la Suède au nord de l'Espagne et de la Grèce en passant par la Corse et l'Italie au sud. À l'est on le trouve de la Lituanie à l'extrême nord-ouest de la Turquie (partie européenne) en passant par l'Ukraine. C'est une essence de plaine dans le nord de son aire et de montagne dans le sud. Le hêtre est présent dans la plupart des régions françaises : dans le Nord, sauf dans la plaine d'Alsace (faible disponibilité en eau ou bilan hydrique défavorable), en Sologne (pauvreté édaphique) et en Champagne crayeuse (conséquence historique du déboisement), plutôt montagnard (jusqu'à 1 700 m). De très rares et petites populations reliques ont par ailleurs été décrites, notamment en Aquitaine. La ressource française en hêtre représente environ 265 millions de m ³ de bois sur pied et il constitue l'essence principale sur 1,4 million d'hectares de forêts.				
Climat général dans l'aire de distribution	En France, le hêtre est l'essence typique des climats pluvieux (> 750-800 mm par an ; 250-300 mm pendant la saison de végétation) et à forte humidité atmosphérique. C'est donc une essence majeure de l'étage montagnard avec toutefois des limites altitudinales de l'ordre de 1500 m dans les Alpes, 1700 m dans les Pyrénées et 1800 m en Corse. Globalement, on le trouve à des températures moyennes annuelles comprises entre 7 et 10°C.				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance juvénile aux fortes sécheresses	Les semis grillent par déshydratation.				
Résistance adulte aux fortes sécheresses	Il est sensible à la sécheresse printanière mais présente généralement une capacité importante de récupération après un stress hydrique. Son écorce présente en revanche une relative fragilité aux agressions extérieures (variations de température, exposition au soleil en particulier suite à une éclaircie forte, actions mécaniques, etc.).				
Résistance aux fortes chaleurs (canicules)	Il ne supporte pas les épisodes caniculaires (maxima de 41° C. en Belgique) alliant chaleur et hygrométrie basse : les arbres adultes sont victimes de chutes de branches, descentes de cime et pertes de feuillage.			*	
Résistance aux grands froids	Il est résistant au gel hivernal (-28° C et davantage) mais craint les contextes trop froids (température moyenne de janvier < -2°C). Les arbres adultes ne craignent que peu la neige lourde et le givre.				
Résistance aux gels précoces	Il ne l'est que peu en cas de gels précoces en automne.				
Résistance aux gels tardifs	Il est nettement sensible aux gelées tardives (dont très fortement au stade juvénile), principalement dans certains contextes de plaine dans lesquels son débournement est précoce.				
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	Il ne tolère pas les sols à engorgement temporaire ou permanent et les sols argileux compacts dans lesquels son enracinement est fortement limité (faible croissance et sensibilité au chablis). Néanmoins, on peut le rencontrer en ripisylves au sud de son aire.				
Tolérance au calcaire	Le hêtre pousse sur une grande variété de sols, des sols chimiquement pauvres et acides aux sols carbonatés parfois très superficiels. Son optimum de production est sur terres limoneuses ou sur loess épais (optimum technologique sur sol brun calcique).				
Tolérance à l'acidité	Le hêtre pousse sur une grande variété de sols, des sols chimiquement pauvres et acides aux sols carbonatés parfois très superficiels. Son optimum de production est sur terres limoneuses ou sur loess épais (optimum technologique sur sol brun calcique). Il est peu performant en sols très acides.				
Tolérance aux sols lourds	Il n'apprécie pas les sols compacts.				

Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (déduites de l'aire de distribution)	Le hêtre est présent dans les secteurs associant humidité de l'air et précipitations d'au-moins 750 mm par an. La structuration spatiale de la diversité génétique du hêtre résulte de son histoire postglaciaire : l'analyse de marqueurs moléculaires révèle la présence de plusieurs groupes génétiques en France, très localisés ou plus largement répandus. Certaines parties du territoire apparaissent très homogènes (Nord-Ouest, Alpes, Massif central, Corse), d'autres ont une structure plus complexe (Pyrénées, Nord-Est). La composition génétique des hêtraies résulte également de la sélection naturelle qui a pu, localement et sous la pression de facteurs pédoclimatiques, favoriser certains génotypes au détriment d'autres. Les tests nationaux et internationaux de comparaison de provenances mis en place par l'INRA et l'ONF montrent des différences de croissance, de forme et de phénologie de débournement entre les populations testées : les provenances d'altitude élevée ou de l'est de l'aire naturelle sont plus précoces, et les provenances d'altitude élevée présentent une plus faible tendance à fourcher.»				
Variété du matériel végétal disponible en France	Il existe 13 régions de provenances avec 135 peuplements classés porte-graines sur une superficie d'environ 6100 ha.				*
Références en France	Une provenance locale de hêtre a été installée à l'arboretum normand de Roumare-Forêt Verte (76).				*
Croissance et production de bois					
Durée de révolution potentielle	Elle se situe entre 80 et 120 ans.				
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	Elle estimée entre 15 et 25 mètres de hauteur.				
Productivité potentielle	Elle se situe entre 4 et 10 m ³ /ha/an vers environ 150 ans.				*
Diversité des débouchés potentiels du bois	Son bois est homogène (sans distinction aubier et duramen), dense, facile à travailler utilisé en menuiserie, ébénisterie, papeterie, panneaux de fibres et de particules, parqueterie, lambris, contreplaqués, instruments de musique, en tournerie, traverses et divers autres emplois (avions, pelles, hélices d'avion, calages, rames, pelles, outillage agricole et autrefois en sommiers de pianos. Excellent bois de feu, son charbon est aussi très apprécié.				
Intérêt économique avéré global de l'essence	Son feuillage a une influence directe sur le bétail où les sécrétions lactées induisent ainsi une belle couleur jaune au beurre. L'écorcer a des propriétés fébrifuges et astringentes, la créosote tirée du goudron de son bois et utilisée pour traiter les poteaux est antiseptique et désinfectante et son charbon est à la fois bactéricide et antituberculeux.				
Autres services écosystémiques					
Limitation de l'érosion des terrains	Il contribue à la fixation et à la structuration du sol.				
Intérêt paysager et récréatif	C'est un arbre majestueux, dont l'ombrage est apprécié. Les grands hêtres sont particulièrement imposants. Il existe de nombreux cultivars horticoles variés pour le feuillage et le port. Le plus connu d'entre eux, le hêtre tortillard ou Fau de Verzy (<i>F.sylvatica</i> 'Tortuosa') est très ornemental. On le rencontre également en France dans le Puy de Dôme et rarement dans le reste de l'Europe (Allemagne, Danemark), l'autre étant le hêtre pourpre, une mutation naturelle parfois rencontrée en forêts.				*
Mise en œuvre sylvicole					
Disponibilité potentielle des graines	Elle l'est par les peuplements porte-graines français.				
Disponibilité potentielle des plants	A titre d'exemple, le pépinières Robin commercialisaient en 2015 le plant en catégorie GE200 à 0,63 euros l'unité HT entre 500 et 5000 plants commandés.				
Rusticité à l'installation	Les plantations en plein découvert sont risquées. Il est réputé quelque peu difficile à la plantation.				
Tolérance à l'ombre	Dans son jeune âge, il supporte très bien la concurrence et l'ombrage des autres espèces. Maintenu sous couvert, les semis qui sont ensuite éclairés réagissent très bien.				
Facilité de régénération naturelle	Espèce indigène, la régénération peut être perturbée par certains humus trop épais. Les fructifications ont lieu en moyenne tous les 5 à 8 ans.				
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance potentielle aux parasites en général	Les risques biotiques sont peu contraignants pour cette essence mais ils pourraient évoluer sous l'effet de l'introduction d'organismes exotiques.				*
Résistance aux dégâts de gibier	Il est peu appétant pour le gibier.				
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Il est sensible aux forts coups de vent en particulier sur sols superficiels (inférieur ou égal à 50 cm de profondeur). Sujet aux écorces incluses, les fourches induites par ce phénomène s'ouvrent assez facilement.				
Résistance et/ou résilience aux incendies	Il ne supporte pas les incendies et son écorce est très mince.				*

Tolérances particulières connues (sel, pollution...)	Il craint les embruns et le sel de déneigement.			*
Résumé	<p>Dans le cas du hêtre, la diminution des précipitations estivales et l'augmentation des températures accompagnant le changement climatique pourraient constituer un important problème. Des épisodes de sécheresse et canicule ont en effet été à l'origine des trois grandes phases de dépérissement de la hêtraie française ces cinquante dernières années (1947-1949, années 1970 puis années 1990). Durant cette dernière période, des automnes particulièrement doux suivis d'épisodes d'arrivée brutale d'air froid polaire ont causé des dommages importants aux tiges qui n'avaient pas encore mis en œuvre les mécanismes physiologiques d'endurcissement aux froids hivernaux (nécroses cambiales en bandes suivies d'un processus de dépérissement). Les sols désaturés semblent plus prédisposer le hêtre à ce type de dommages. Ainsi, le changement climatique et l'acidification des sols sur certains substrats (grès, granite acide...) pourraient accroître la fréquence de tels événements. Enfin, face au risque tempête, l'enracinement superficiel du hêtre en présence de dalles calcaires ou d'horizons compacts ou hydromorphes lui confère une grande sensibilité au vent. Il apparaît comme étant destiné à rester cantonné dans les secteurs à hygrométrie élevée et précipitations régulières et d'au moins 800 mm par an.»</p>			

QUERCUS ILEX		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'info	Sources *rare ***abondante
Présentation				
Nom latin	Quercus ilex L.			
Essence (appellation principale)	Chêne vert			
Essence (autre appellation 1)	Yeuse			
Aspect général (texte)	<p>Le chêne vert est un arbre de première grandeur (25 m) ou arbuste suivant les stations. L'écorce reste longtemps lisse et grise puis gris brunâtre avec de petites écailles plus ou moins quadrangulaires. Elle reste fine, même sur vieux sujets. Le limbe est coriace, et extrêmement polymorphe suivant les populations, parfois sur le même rameau, elliptique, ovale lancéolé et long de 2 à 9 cm pour 1 à 3. Le bord est entier ou doté de dents acuminées. Au débournement, les feuilles sont couvertes d'un tomentum gris cendré ou gris blanchâtre sur les deux faces puis devient vert foncé, luisant et habituellement glabre dessus et couverte d'un fin et dense tomentum blanchâtre ou grisâtre au revers. On compte de 7 à 12 paires. Le pétiole est très tomenteux et long de 0,3 à 2 cm. Les cupules sont campanulées, en forme de gobelet ou presque hémisphériques, hautes de 0,7 à 1,7 cm pour 1 à 1,5 cm de large. Elles englobent entre le tiers et la moitié du gland (rarement les trois quarts et sont formées d'écailles tomenteuses grisâtres. Elles sont situées au bout d'un pédoncule mesurant entre 0,8 et 5 cm de long. Les glands sont ovoïdes à cylindriques ou plus ou moins globuleux, mesurant de 1,5 à 3,5 cm pour 1 à 1,5 cm de large. La</p>			
Localisation (texte)	<p>Ce chêne est présent de la Lybie à la Turquie en passant par la péninsule ibérique et les Balkans, globalement autour de la mer Méditerranée. Il atteint sa limite latitudinale spontanée en France (estuaire de la Loire) et altitudinale jusqu'à 1560 m (Haut Conflent). C'est le chêne le plus répandu au Maroc jusqu'à 2900 m d'altitude, dans le Moyen et le Haut Atlas, où il couvre une surface d'environ 700000 hectares mais ces chiffres incorporent Quercus rotundifolia avec lequel il est parfois mis en synonymie.</p>			
Climat général dans l'aire de distribution	<p>On le rencontre en climat méditerranéen comme océanique (spontané jusqu'à Belle-Ile, naturalisé au-delà vers le nord). Il vit avec une pluviométrie annuelle comprise entre 250 et 1000 mm, mais n'aime pas les régions à la fois froides et humides. Il supporte bien les variations de température, même en montagne avec chutes de neige. Espèce robuste et vigoureuse, adaptable, s'accommodant d'étés très secs</p>			
Facteurs limitants climatiques				
Résistance adulte aux fortes sécheresses	Le chêne vert résiste sans difficultés à la sécheresse estivale même prolongée ainsi qu'aux variations du climat méditerranéen, alternant froid hivernal et chaleurs sèches estivales prolongées.			
Résistance aux fortes chaleurs (canicules)	Il tolère sans problèmes les fortes chaleurs.			

Résistance aux grands froids	Espèce assez rustique, voire totalement rustique pour peu que l'on choisisse bien sa provenance. En France, les populations cévenoles sont les plus résistantes au froid : on le trouve ainsi dans le Gard sur chaos granitique acide vers 800/900m d'altitude en expositions chaudes, et jusqu'à 1300 m en même exposition dans le Massif de l'Aigoual (contre 500 m en versants frais). Cependant, il ne serait pas ou peu fructifère à cet extrême altitudinal, ce qui reste néanmoins à vérifier. Celle de Jujols, dans les Pyrénées Orientales se situe à une latitude inférieure mais à 1560 m d'altitude. Dans la vallée du Rhône, le chêne vert est dynamique et son aire s'étend régulièrement vers le nord (aujourd'hui à la hauteur de Beynost dans l'Ain). Il en est de même pour des individus naturalisés dans divers parcs en France (Nancy, Paris, Limoges...).			*	
Résistance aux gels précoces	Nous n'avons pas constaté de dommages à ce sujet.			*	
Résistance aux gels tardifs	La sensibilité aux gelées tardives semble peu marquée et suivant les provenances, le débourrement est plutôt tardif.			*	
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	On peut le trouver le long de rivières dans les forêts corses.			*	
Tolérance au calcaire	Indifférent à la composition chimique des sols, on le rencontre sur sols calcaires décarbonatés ou non.				
Tolérance à l'acidité	Indifférent à la composition chimique des sols, on le rencontre sur sols calcaires décarbonatés ou non, légers ou non, marnes, alluvions, acides, grès, schistes, basalte, sols secs ou un peu frais. Le pH n'est donc pas un caractère du sol qui guidera sa présence. Sur sols pauvres et secs, sa croissance sera ralentie. La présence de rochers ou de cailloux lui est indifférente. Il préfère néanmoins les terrains perméables et peu compactés. Dans les montagnes, il préfère les versants exposés au sud. Il est aussi indifférent au matériau d'origine à la texture, et la structure sauf vis-à-vis des sols humides. Le chêne vert atteint ses plus beaux gabarits en influence océanique ou éventuellement méditerranéenne si l'apport en eau dans le sol est important.				
Tolérance aux sols lourds	On le trouve sur sols lourds mais il n'y exprime pas sa croissance optimale.				
Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (déduites de l'aire de distribution)	Elles varient assez fortement entre le littoral atlantique et les garrigues calcaires voire les montagnes méditerranéennes, le tout sur des substrats très variés. Il a été réalisé une étude sur la diversité de l'ADN chloroplastique. La diversité adaptative ne semble pas avoir été étudiée systématiquement, et fait l'objet de controverses. Il a été réalisé une étude sur la diversité de l'ADN chloroplastique. La diversité adaptative ne semble pas avoir été étudiée systématiquement, et fait l'objet de controverses.			*	
Variété du matériel végétal disponible en France	On note une provenance varoise plantée au Canereit (83) avec 6 individus en 2011, les autres sujets présents en arboretums méditerranéens étant natifs du lieu. Aucune expérimentation scientifique en cours en France n'est actuellement signalée. Il est aussi présent dans les arboretums suivants : Gratteloup-Ruscas (83), Ceyreste (13), Font de l'Orme (84), les Barres (45), Camors (56), Franchard (77), Planal (11), Monts d'Orb (34), Bugeat & Chamberet (19), Séval (55), Fresse sur Moselle (88), Cardeilhac (31), Tournay (65), Magdeleine (44), Jean Aubouin (16), le Pavillon (17), Grand Chêne (86) et le dispositif RDI de Saint Jean de Monts (85).				*
Références en France	Les spécimens du Canereit sont plantés depuis 1973 en station favorable (bas de pente un peu frais et mi-ombragé). Leur survie est de 30% et leur état sanitaire est parfait. Multicaules, ils n'ont pas été mesurés tant en hauteur qu'en circonférence. Ailleurs, le développement est supérieur et les arbres se portent bien d'un point de vue sanitaire.				*
Croissance et production de bois					
Durée de révolution potentielle	Elle est entre 40 à 60 ans en taillis et se situerait entre 80 et 100 ans pour la production de bois d'œuvre.			*	
Hauteur dominante potentielle à 40 ans	Elle se situerait entre 15 et 20 m dans les meilleures stations.			*	
Productivité potentielle	Elle est de 1 à 2 m ³ /ha/an dans l'état actuel des productions, essentiellement sous forme de taillis. De essais en sylviculture de production devraient démontrer de meilleures performances.			*	

Diversité des débouchés potentiels du bois	Son bois est homogène, à grain fin, à aubier peu visible et d'un bel aspect maillé suivant les cas. Il est lourd, dur, dense, nerveux, difficile à travailler et se fend au séchage. Son beau poli en fait potentiellement un beau bois pour de petits placages d'ébénisterie. Il est utilisé pour des productions artisanales (outillage, saboterie) ainsi qu'en ébénisterie et parqueterie. Sa très forte densité et ses petits débits ne font de lui en Europe, qu'un bois de chauffage, ou pour produire du charbon, parfois des traverses de voies ferrées. Auparavant ce bois était utilisé pour la fabrication de manches d'outils, de piquets. Les Romains avaient déjà rationalisé le système d'exploitation des taillis en les coupant à différents âges de façon à obtenir le bois au calibre adapté à l'usage. Remarquable pour le chauffage et en charbon de bois.				
Intérêt économique avéré global de l'essence	L'écorce est riche en tannin. Comme <i>Q. pubescens</i> , il est associé à la culture de la truffe (<i>Tuber melanosporum</i>). En Espagne, les glands sont donnés comme nourriture aux animaux d'élevage (tout comme les glands de <i>Quercus rotundifolia</i> , une espèce proche longtemps décrite comme une sous-espèce du chêne vert). Le feuillage est, dans certains pays, distribué au bétail.				
Autres services écosystémiques					
Limitation de l'érosion des terrains	Il est très utile pour la fixation des sols pauvres et ingrats.			*	
Intérêt paysager et récréatif	Bel arbre à port imposant et feuillage persistant très apprécié. C'est un excellent arbre d'ombrage.				
Mise en œuvre sylvicole					
Disponibilité potentielle des graines	Les glands peuvent être acquis chez les marchands grainiers.			*	
Disponibilité potentielle des plants	Non soumis en tant que MFR aux réglementations en vigueur, il ne se trouve actuellement que sur le marché ornemental et la plupart du temps sous forme de grands plants en provenance d'Italie et à destination du marché ornemental urbain. Il serait pourtant judicieux au vu de certains dégâts hivernaux à cultiver des provenances françaises d'altitude. Néanmoins les pépinières Robin le commercialisent (provenance non précisée) en format forestier à 0,67 euros l'unité (godets GR200) pour entre 500 et 5000 plants commandés.			*	*
Croissance initiale	Elle serait de 10 à 30 cm par an dans la nature et de 30 à 60 cm en moyenne les 10 premières années en culture et davantage les deux suivantes au vu d'observations réalisées sur des arbres urbains ou en jardins tant que publics que privés.			*	*
Rusticité à l'installation	Elle est plutôt bonne sauf en grands conteneurs et plus délicate en grands sujets.			*	
Tolérance à l'ombre	Il supporte le couvert même s'il n'y atteint pas les mêmes dimensions qu'en plein lumière, tant jeune qu'adulte.			*	
Facilité de régénération naturelle	Espèce indigène, il se régénère facilement et son caractère pionnier lui permet de coloniser des terres abandonnées par l'agriculture.			*	
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance potentielle aux parasites en général	Il est sensible à certains champignons lignivores (<i>Ganoderma</i> sp, <i>Phellinus</i> spp.) entre autres.			*	
Résistance aux dégâts de gibier	Il ne paraît pas très touché par le gibier qui ne le dédaigne pas pour autant s'il n'a pas le choix.			*	
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Il est très résistant aux vents forts grâce à un enracinement pivotant avec des racines très développées, présentes jusqu'à 10 mètres de profondeur selon Aimée Camus. Cette caractéristique rend les transplantations relativement difficiles surtout pour les plus grandes plantes, mais lui procure aussi un ancrage solide. La couronne semble assez résistante au poids de la neige.				
Résistance et/ou résilience aux incendies	Cet arbre est particulièrement résistant aux incendies et réitère sa couronne après le passage du feu.				
Tolérances particulières connues (sel, pollution...)	Il semble bien supporter la pollution urbaine.			*	
Résumé	C'est un chêne particulièrement plastique d'un point de vue écologique. Il est fort utile pour limiter l'embroussaillage des forêts méditerranéennes. Son bois lourd et difficile à travailler (il est recommandé de l'immerger 2 ans avant de le débiter) limite son utilisation potentielle mais reste néanmoins possible en menuiserie et ébénisterie. Il réagit très bien après les incendies. A développer en climat océanique où il atteint des dimensions bien supérieures à celles observées en zone méditerranéenne. C'est aussi une espèce intéressante en production de bois chauffage.				

SORBUS DOMESTICA		Note : de A (très bon) à D (mauvais)	Fiabilité de l'Info	Sources *rare ***abondante	
Présentation				expert	terrain
Nom latin	<i>Sorbus domestica</i> L.				
Essence (appellation principale)	Sorbier domestique				
Essence (autre appellation 1)	Cormier				
Aspect général (texte)	Arbre mesurant jusqu'à 25 m et au moins 1 m de diamètre, apte au drageonnement. Son écorce est brunâtre à orangée et elle est nettement fissurée longitudinalement, révélant des plaques rectangulaires. Les rameaux sont alternes, verdâtres et pubescents. Ses feuilles sont composées imparipennées de 13 à 21 folioles et l'ensemble mesure jusqu'à 25 cm de long. Les folioles, qui mesurent de 3 à 6 cm de long, sont nettement dentées dans les trois-quarts supérieurs. Elles sont pubescentes sur les deux faces du limbe mais surtout au revers. La floraison est sous forme de corymbes blanchâtres. Les fruits sont groupés, rappelant de petites poires ou une pommes, brunâtres à vert rosé et mesurent de 2,5 à 3 cm de long. Leur chair contient des cellules pierreuses.				
Localisation (texte)	L'aire naturelle du Cormier s'étend, de l'Espagne à l'Ukraine et de l'Allemagne à la Grèce. Il est également présent de façon plus dispersée en Turquie et au Maghreb. En France, on le trouve de façon très disséminée, à peu près partout, du littoral jusqu'à 1400 m d'altitude. Cependant, il est rare en Bretagne, en Haute Normandie, dans le Nord-Pas de Calais, dans le Massif central et en Corse. Depuis le milieu des années 1980, l'intérêt qu'on lui porte a permis un développement des plantations de Cormier.				
Climat général dans l'aire de distribution	Le Cormier est une espèce héliophile, plus ou moins thermophile, intolérante à la concurrence, qui a besoin d'être favorisée pour se développer en condition forestière. Il a besoin d'au moins 600 mm d'eau, bien répartis sur toute l'année. Le Cormier n'est pas ou peu présent au-dessus de 1 400 m d'altitude (Rameau et al., 1989) et son aire actuelle bien plus vaste est due aux romains qui l'ont favorisé.				
Facteurs limitants climatiques					
Résistance adulte aux fortes sécheresses	Il supporte les sécheresses estivales si les réserves en eau du sol sont suffisantes mais peut se maintenir sur sols à faible réserve utile et globalement, on le rencontre dans des secteurs où le bilan hydrique est plus ou moins déficitaire.				
Résistance aux fortes chaleurs (canicules)	ce qui en fait un de nos rares arbres feuillus à ne pas perdre en productivité dans de telles conditions climatiques				
Résistance aux grands froids	Il résiste bien aux grands froids.				
Résistance aux gels précoces	Il ne semble pas redouter les gels d'automne.			*	
Résistance aux gels tardifs	Il ne craint guère les gelées tardives.				
Facteurs limitants édaphiques					
Tolérance à l'engorgement	Il ne supporte pas l'hydromorphie même temporaire du sol.				
Tolérance au calcaire	Le cormier est extrêmement plastique vis-à-vis des sols. Il se développe sur sols bien drainés à secs et avec un pH allant de l'assez acide au carbonaté mais aussi pauvres et superficiels. Ainsi il peut pousser sur argiles de décarbonatation en région méditerranéenne et sur matériaux davantage variés ailleurs en France.				
Tolérance à l'acidité	Le cormier est extrêmement plastique vis-à-vis des sols. Il se développe sur sols bien drainés à secs et avec un pH allant de l'assez acide au carbonaté mais aussi pauvres et superficiels. Ainsi il peut pousser sur argiles de décarbonatation en région méditerranéenne et sur matériaux davantage variés ailleurs en France.				
Connaissance de la diversité génétique					
Rusticité et plasticité potentielles (déduites de l'aire de distribution)	Peu de données sont actuellement disponibles sur la structuration de la diversité génétique du Cormier en France. Des études effectuées sur des populations suisses et allemandes ont montré que le niveau de diversité de petits groupes d'arbres (parfois moins de 20) était relativement élevé et que le niveau de différenciation des groupes est moins important que pour des populations fragmentées et isolées. En 1990, l'INRA a lancé un programme de recherches sur l'amélioration génétique du Cormier (repérage d'arbres « plus », clonage et multiplication par greffage, récolte de cornes sur les arbres sélectionnés, puis installation de plantations comparatives de descendance). Ces plantations, installées entre 1995 et 1996, ont été réalisées dans différentes conditions de station, de densité et de contexte sylvicole. Les résultats actuels de ces plantations comparatives ne font pas apparaître de supériorité de croissance liée à la provenance (Bariteau M. & al., 2006). Cependant, il semblerait, sous réserve de vérification via les marqueurs moléculaires, que la consanguinité ait un impact négatif sur la vigueur.				

Variété du matériel végétal disponible en France	Il n'est présent qu'à l'arboretum du Canereit (plantés en 1973). On le trouve cependant dans les arboretums suivants : Pézanin (71), Ripaille (74), les Barres et le Chêne à 2 jambes (45), Gratteloup-Ruscas (83), Dreux (28), Gros Bois (03), la Charme, la forêt du Millénaire, le sentier botanique de l'Hermitage et la promenade du Chauffage des Moines (21), Grande mare (58), Baume les Dames et l'Isle sur le Doubs (25), Champvans les Dôle et Val de Seille (39), Franchard (77), Planal (11), Monts d'Orb (34), la Fot (23), Séval et Beau Plane (55), Oderfang (57), Fresse sur Moselle, Epinal et Haie Chérière (88), Cardeilhac (31), Tournay (65), la Gante (81), la Thure (59), Andaines (61), Bordins, Champ de tir et Roi de Rome (27), Cubertin et Mallemoisson (04), Font de l'Orme (84), Magdeleine (44), Bois du Tay (53), Jean Aubouin (16), l'essai RDI des Saumonards (17) et de Chizé (79) et Bois Lavillé (07). Du fait du manque d'information sur la diversité génétique de l'espèce en France, une seule région de provenance a été créée couvrant la totalité du territoire métropolitain (SDO900-France). Dans 4 régions (Languedoc Roussillon, PACA, Poitou-Charentes et Bourgogne), une sélection phénotypique des plus beaux arbres, faite sur des critères tels que l'absence de gros défauts, une bille > 2 m et un diamètre > 20 cm a donné lieu à des plantations conservatoires de clones. Une de ces plantations, installée à Bellegarde (30) a été convertie en verger à graines.				
Références en France	Il reste 7 spécimens à l'arboretum du Canereit, non mesurables de par leurs très faibles dimensions et avec un taux de survie de 15%. Globalement, les arbres présents en arboretums se portent bien.				*
Croissance et production de bois					
Diversité des débouchés potentiels du bois	Bois homogène, dense, dur, très lourd (densité de 0,8 à 0,95 ; un des plus lourds avec le buis et le chêne vert) et à grain très fin, facile à travailler en faisant le plus apprécié du genre Sorbus. Il est utilisé en ébénisterie, lutherie (mécanismes de pianos, instruments à vent), crosses de fusil, sculpture, tournerie, marqueterie, gravure, outils de menuiserie et d'ébénisterie de grande qualité (rabots, varlopes), instruments de dessin et de mesure. C'est aussi un très bon combustible qui produit un charbon de bonne qualité. Il est résistant aux frottements et de fait, on l'employait autrefois aussi pour confectionner entre autres vis de presses et dents d'engrenages. Il résiste aussi aux chocs et aux efforts statiques.				
Intérêt économique avéré global de l'essence	Les fruits, consommés blets sont appréciés et ils produisent un alcool de qualité. Ils renferment des propriétés utiles en cas de nausées et de diarrhées. Les romains en faisaient du vinaigre.				
Autres services écosystémiques					
Intérêt paysager et récréatif	C'est un bel arbre d'ornement (couleurs d'automne) et ses fruits sont appréciés.				*
Mise en œuvre des MFR					
Disponibilité potentielle des graines	Les graines peuvent être obtenues sous la forme de récoltes locales (forêts publiques, plantations conservatoires) ou sous l'égide du service graines et plants de l'ONF et de marchands grainiers.				*
Disponibilité potentielle des plants	Concernant les prix des plantes, les pépinières Robin en 2015 commercialisaient 500 à 500 plants de catégorie GR 350 / 400 à 2,17 euros HT l'unité. Les parcs à clones peuvent aussi fournir du matériel végétal.				*
Rusticité à l'installation	La reprise est plutôt bonne voire excellente.				
Tolérance à l'ombre					
Facilité de régénération naturelle	Espèce spontanée ou subspontanée, il se régénère naturellement en milieu ombragé qu'il tolère les toutes premières années. Il se reproduit aussi en drageonnant.				*
Vulnérabilité aux risques biotiques					
Résistance potentielle aux parasites en général	Il est sensible à l'armillaire couleur de miel (<i>Armillaria mellea</i>), le puceron cendré de l'alisier, le feu bactérien (<i>Erwinia amylovora</i>) ainsi qu'à une anthracnose (<i>Elsinoe piri</i>) et la zeuzère (<i>Zeuzera pyrina</i>).				
Résistance aux dégâts de gibier	Il est sensible au gibier et à la dent du campagnol terrestre.				
Vulnérabilité aux risques abiotiques					
Résistance aux dégâts de vent	Il résiste très bien au vent grâce à son système racinaire puissant, profond et étalé et ses qualités mécaniques.				
Résistance et/ou résilience aux incendies	Il rejette de souche ou drageons après un feu bref suite à une expérience à Bellegarde (30). (Jean Thévenet ; comm. pers.).				*
Résumé	C'est un arbre plastique vis à vis des sols (sauf humides) plutôt thermophile mais qui supporte les hivers froids et qui produit un bois de haute qualité. Le verger à graines Bellegarde-VG est constitué d'arbres sélectionnés sur des critères garantissant vraisemblablement de meilleures performances. Il présente par ailleurs une diversité d'origines qu'on ne retrouvera pas dans un lot issu de la récolte d'une source de graines unique. C'est donc ce matériel qui est conseillé préférentiellement.				

Direction territoriale Midi-Méditerranée
505 rue de la Croix Verte
34094 Montpellier
Juin 2021
ONF BDDR : 8700-21-GUI-SAM-009
Mise en page : Agence Linéal

